This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

600044751R

13.186. a. 9

PRESENTED

BY

The Royal Society of London

TO

The Radcliffe Library.

1994 e. 162/4

SYSTÈME
UNIVERSEL.

NOTE relative aux sons harmoniques.

(Tome I. p. 113.)

Les géomètres ne sont pas d'accord sur la figure que prend une corde sonore en vibrant. Les uns disent qu'elle décrit une série d'arcs dont la ligne de repos est la corde; d'autres disent qu'elle décrit une série de trapèses dont la ligne de repos est le grand côté. Je crois être plus près de la vérité en disant qu'elle décrit, avec la ligne de repos, une série de triangles isocèles.

Si après avoir élevé, sur le point central, une perpendiculaire composée de pointes mobiles, je suspends la corde à la plus élevée de ces pointes, elle formera un angle obtus; si je supprime l'une après l'autre toutes les pointes, la corde se raccourcira et formera une série d'angles d'autant plus obtus que le point central sera plus rapproché de la ligne de repos. L'allongement étant commun à toute la corde, le mouvement virtuel est le même pour tous ses points, et la dépense, inégale en apparence, est égale en réalité, parce que chacun d'eux consume dans la production des sons harmoniques la portion de mouvement qui lui reste après la production du son fondamental. Cette partie de ma théorie est devenue incontestable depuis que j'ai découvert que la vibration spéciale des deux points d'octave était sensible dans un monocorde de la longueur d'un mètre.

DE L'IMPRIMERIE D'ABEL LANOE,
RUE DE LA HARPE, N.° 78.

SYSTÈME UNIVERSEL,

OU

DE L'UNIVERS ET DE SES PHÉNOMÈNES

CONSIDÉRÉS COMME LES EFFETS D'UNE CAUSE UNIQUE.

OUVRAGE dans lequel on a recueilli et mis à la portée du commun des lecteurs ce que la science moderne présente de plus curieux sur la Physique, l'Astronomie, la Chimie, la Géologie, etc.

DÉDIÉ A S. A. R. MONSEIGNEUR, DUC D'ANGOULÊME;

PAR M. THILORIER.

(QUATRE VOLUMES IN-8.° AVEC FIGURES.)

PRIX : 25 FR.

« Peu de lumières conduisent à l'erreur; beaucoup de lumières conduisent à la vérité. »

Réponse du Roi au Grand-Maître de l'Université.

TOME IV.

A PARIS, chez les LIBRAIRES, et chez l'AUTEUR, rue des Capucines, n.° 7.

1815.

Soc. Reg. Lond.

SYSTÈME UNIVERSEL,

OU

DE L'UNIVERS ET DE SES PHÉNOMENES

CONSIDÉRÉS COMME LES EFFETS D'UNE CAUSE UNIQUE.

De la double réfraction. (1)

334. J'AI dit que lorsque la lumière traversait obliquement un milieu plus dense que celui dans lequel elle circule, elle était déviée en entrant et en sortant, et que nous voyions alors l'objet à une autre place que celle qu'il occupe.

Mais il y a des milieux diaphanes, qui ont la singu-

(1) Ce chapitre, celui de la polarisation et celui de la diffraction exigent une attention très-soutenue; les deux premiers ne sont relatifs qu'à deux anomalies; mais le dernier qui complète les lois générales, est la clef d'un grand nombre de phénomènes.

lière propriété de représenter les objets doubles. Tels sont le spath d'Islande, le sulfate de chaux, le sulfate de barite, le sulfate de strontium, le borate de soude, l'émeraude, etc.

Tous ces corps cristalisent en rhomboïdes (1), et cette conformité dans leur mode de cristallisation ne permet pas de douter qu'elle ne soit en effet la cause de ce que chaque rayon de lumière qui traverse ces corps, se partage en deux rayons, dont l'un se détourne suivant les lois ordinaires, et dont l'autre se détourne suivant une loi extraordinaire.

Huyghens a déterminé la loi d'après laquelle s'opère la réfraction extraordinaire ; et il est le premier qui ait observé que cette réfraction avait lieu dans un plan parallèle à la diagonale joignant les deux angles obtus du cristal.

Cet excellent observateur avait voulu expliquer le phénomène d'après le système qui régnait alors, c'est-à-dire, en supposant que la lumière agissait par un mouvement d'ondulation semblable à celui qui agite l'air, lorsque le phénomène du son se manifeste.

Newton combattit, avec avantage, cette hypothèse ; mais, au lieu de vérifier le fait qui avait servi de fondement à l'explication, il y substitua une formule géométrique qui

---

(1) Un cristal rhomboïdal est un parallélipipède oblique, c'est-à-dire, un solide à six faces, dont les faces opposées sont égales et parallèles et dont les angles opposés sont égaux.

obtint, pendant un siècle, la préférence sur l'observation positive de Huyghens. Ce n'est que depuis un petit nombre d'années, qu'il a été reconnu que Newton s'était trompé, et que Huyghens avait complétement raison.

Newton a expliqué le phénomène de la double réfraction par une hypothèse très-peu vraisemblable.

Il suppose que chaque globule de la lumière a deux pôles qui sont inégalement attirables par les substances qui cristallisent en rhomboïdes; que ces pôles inégalement attirables ne se confondent point dans la marche de la lumière; et que chaque rayon simple est dès lors un prisme quadrangulaire, dans lequel tous les pôles des globules de la lumière sont rangés sur deux pans opposés; que lorsque ce prisme lumineux tombe sur le rhomboïde, il se partage en deux parties, dont l'une subit la réfraction ordinaire, tandis que l'autre, attirée par la force qui réside dans le petit angle solide, est soumise à la réfraction extraordinaire ou d'aberration. (*Physique élémentaire* de M. Haüy, 833.)

A cette savante explication, je vais substituer quelques idées très-simples, à l'aide desquelles j'espère pouvoir renfermer la merveille de la double réfraction dans le cercle des phénomènes ordinaires.

Il faut d'abord considérer que la continuité que présente la surface du spath, n'est qu'une continuité apparente, et que dans la réalité, cette surface se compose d'une infinité de petits cristaux rhomboïdaux, séparés les uns des autres par des solutions de continuité perméables à la lumière.

J'ai prouvé (106) que les cristaux primitifs d'un corps n'étaient autre chose que les atmosphéroïdes de ses molé-

cules intégrantes, converties en polièdres au moment de la compression accidentelle qui a fait passer ce corps de l'état liquide ou gazeux à l'état solide.

Mais, pour rendre l'explication intelligible, je n'ai pas besoin de descendre jusqu'aux cristaux primitifs, et je supposerai seulement que la surface visible du spath est composée de cristaux invisibles, dont les facettes qui font partie de la surface du cristal visible, sont plus petites que la base des cônes lumineux par lesquels l'objet est vu.

Le lecteur doit se rappeler que nous ne voyons un objet que parce que nous en voyons à-la-fois tous les points lumineux et que nous ne voyons chacun de ces points lumineux, que parce que de tous les cônes de lumière qui en jaillissent dans toutes les directions, il s'en trouve nécessairement un dont la base s'appuie sur l'ouverture de la pupille.

Or, cette base a environ deux lignes de diamètre; et si nous supposons la surface inférieure du spath perpendiculaire au rayon et placée à une distance égale du point lumineux et de notre œil, il en résultera que la base du cône incident sera d'une ligne, et il suffira, dès lors, de supposer que la facette du petit cristal sur lequel il tombe, a une demi-ligne dans sa plus grande dimension : supposition fausse, mais équivalente à la vérité; car si, pour s'en rapprocher davantage, on supposait, par exemple, que la facette du cristal et l'espace qui la sépare des cristaux voisins n'ont que la millionième partie d'une ligne, l'explication serait absolument la même; parce que, dans ce dernier cas comme dans le premier, il existerait le même rapport entre les facettes efficaces, et que, dès

lors, les filets des deux moitiés du cône lumineux, quelle que fût leur subdivision, seraient toujours ramenés vers l'axe particulier de chacun d'eux.

Le cône primitif se trouvant donc avoir une base plus grande que la facette horizontale sur laquelle il tombe, pénètre dans les quatre séparations qui correspondent aux quatre côtés de cette facette. Parmi ces quatre solutions de continuité, il en est deux qui laissent tomber la lumière sur deux facettes obliques appartenantes au même cristal; et deux qui la laissent tomber sur deux autres facettes obliques appartenantes à deux cristaux voisins : facettes dont les plans sont parallèles à ceux des facettes obliques du premier cristal qui leur sont opposées.

Ces quatre facettes obliques, en réfractant la lumière, lui donneront quatre directions différentes, dont aucune ne correspondra à l'œil de l'observateur placé dans la direction de la perpendiculaire; et celui-ci verra le point lumineux moins brillant, mais à sa véritable place.

Mais le même point lumineux envoye en même temps d'autres cônes dans toutes les directions; et parmi tous ces cônes qui débordent une infinité de cristaux égaux au premier, il doit nécessairement s'en trouver un dont l'incidence aura le degré d'obliquité convenable pour que l'un de ses quatre filets débordés et réfractés par une facette oblique, rencontre l'œil du spectateur.

Cet ~~ane~~ cone sera nécessairement le seul parmi les obliques, qui produira cet effet; car tous les autres se trouveront ou trop obliques, ou trop peu obliques, pour que celui de leurs filets qui tombera sur une facette oblique parallèle à la première, puisse parvenir à l'œil du spectateur.

SYSTÈME
UNIVERSEL.

éloigné de l'angle droit et du parallélisme, c'est-à-dire, lorsque cet angle sera de 45 °; ce qui est encore conforme à l'observation.

On doit à M. le comte Monge l'expérience suivante :

« Si, pendant qu'on observe un objet à travers le spath d'Islande ou tout autre cristal rhomboïdal, on avance doucement une carte entre le cristal et l'objet, il arrive un moment où cette carte intercepte une des deux images; mais l'image qu'elle intercepte n'est pas celle qui se trouve du côté de la carte ».

Pour concevoir la cause qui produit cet effet, il suffit de connaître le chemin que doit faire le rayon extraordinaire avant de parvenir à l'œil.

Le rayon ordinaire parvient à l'œil en ligne droite lorsqu'il tombe perpendiculairement sur le spath, tandis que le rayon extraordinaire qui ne doit parvenir à l'œil qu'après avoir ouvert avec la perpendiculaire un angle plus ou moins grand, rencontre une facette oblique plus inclinée que lui à la même perpendiculaire, mais inclinée dans le même sens que lui. Cette facette sur laquelle il tombe et qui le réfracte, le ramène vers le rayon perpendiculaire qu'il rencontre dans l'épaisseur du cristal à une hauteur plus ou moins grande, suivant que l'objet ou l'œil sont plus ou moins éloignés. Il croise donc le rayon ordinaire et continue sa route jusqu'à la surface supérieure du spath. Mais, comme il en sort par une facette oblique parallèle à celle qui a déterminé sa première déviation, il éprouve une seconde déviation qui le ramène en sens inverse vers le rayon perpendiculaire qu'il ne doit ren-

contrer qu'au moment même où ils entrent tous deux dans l'œil de l'observateur.

Si, pour éteindre l'image extraordinaire, on introduisait la carte du côté où on voit cette image, ce ne serait pas elle que l'on éteindrait, car, au moyen du croisement qui s'est opéré dans l'intérieur du cristal, cette carte glissée sous le cristal rencontrerait d'abord le rayon ordinaire, et l'image vue perpendiculairement serait la première qui disparaîtrait. On ne peut donc éteindre l'image produite par le rayon extraordinaire, qu'en introduisant la carte du côté opposé à celui où cette image est vue.

Ma théorie, fondée sur la doctrine moléculaire, suppose que les cristaux rhomboïdaux infiniment petits, dont est composée la surface d'un grand cristal rhomboïdal, ne se touchent pas. On doit en conclure que les petits cristaux de l'intérieur ne se touchent pas non plus, et que, dès lors, le rayon ordinaire ou extraordinaire, en traversant le spath, doit y rencontrer une infinité de surfaces séparées et diversement inclinées. Mais on aurait tort de supposer qu'il puisse en résulter quelque déviation; car toutes les surfaces voisines et opposées, quelle que soit leur inclinaison par rapport à la marche du rayon, sont toujours parallèles entr'elles et douées d'une attraction égale. La déviation qui a lieu au moment où la lumière traverse l'une d'elles, étant toujours complétement détruite par la déviation inverse qu'elle éprouve en tombant sur la surface voisine, ce n'est en effet qu'au moment où la lumière parvient à la surface extérieure du grand cristal, qu'elle éprouve la déviation qui détermine la direction définitive de ses rayons.

J'ai supposé que la série des petits cristaux rhomboï-

daux qui occasionnaient la double réfraction, se prolongeait en ligne droite dans une direction parallèle à celle du petit axe du grand cristal. Cette supposition, conforme d'ailleurs à la théorie générale de la formation des cristaux secondaires, est justifiée par l'observation.

On lit, en effet, dans la *Physique élémentaire* de M. Haüy (n.° 829), que si le rayon incident est dans le plan de la section principale (1), le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire seront aussi, l'un et l'autre, dans ce même plan, et que toutes les théories sont d'accord sur ce résultat.

« L'image formée par les rayons extraordinaires, paraît toujours plus éloignée que celle qui est formée par les rayons ordinaires ».

Lorsque nous connaissons la grandeur d'un objet, nous jugeons qu'il est plus près ou plus loin de nous, suivant que l'angle optique, formé par les axes des cônes lumineux qui partent de ses extrémités, est plus ou moins grand.

Ces axes, sur lesquels convergent les fils lumineux qui ont traversé les humeurs de l'œil, peuvent être considérés comme des aiguilles qui piquent la rétine. Si les deux piqûres sont voisines l'une de l'autre, l'angle optique nous paraît petit et nous jugeons l'objet éloigné; et si, pendant que la sensation continue, nous éprouvons que les pi-

(1) La section principale d'un rhomboïde est un quadrilatère formé par les petites diagonales des bases et par les arrêtes intermédiaires.

qûres sont moins voisines, nous sentons que l'angle devient par degrés plus grand et nous jugeons que l'objet s'approche. Cet angle, formé sur la rétine, n'est pas l'angle optique lui-même, mais il en est la mesure; car l'angle extérieur et l'angle intérieur ont un sommet commun qui est situé au centre de la prunelle.

La base du triangle optique est invariable, car elle est égale au diamètre réel de l'objet qui en est lui-même la base; les côtés seuls de ce triangle ont une longueur variable, et la géométrie nous enseigne que lorsque la base d'un triangle reste la même et qu'elle s'éloigne du sommet d'une quantité double, l'angle au sommet devient moitié moindre.

Le triangle optique formé par les rayons ordinaires et celui qui est formé par les rayons extraordinaires ont tous deux la même base, mais leurs côtés n'ont pas la même longeur; car les rayons ordinaires qui arrivent à l'œil en ligne droite, sont nécessairement plus courts que les rayons extraordinaires qui n'arrivent à l'œil qu'après avoir parcouru trois lignes obliques. L'œil substitue à ces trois lignes obliques une seule ligne droite, parce que telle est la loi qui détermine la sensation optique. Mais l'œil ne change rien à la longueur de la ligne brisée; et comme il circonscrit l'objet dans une foule de lignes brisées et redressées comme la première, il le voit sous un angle optique plus petit que celui sous lequel il le voit en même temps à l'aide des rayons ordinaires. L'image produite par les rayons extraordinaires, doit donc paraître plus éloignée que celle qui est produite par les rayons ordinaires.

« L'écartement des images entr'elles, augmente ou diminue suivant que le cristal est plus ou moins épais ».

Si l'on substitue à un cristal plus mince un cristal plus épais, ou, ce qui revient au même, si on ajoute au premier cristal un second cristal placé dans la position convenable pour ne pas déranger la marche des rayons, les deux images doivent s'écarter; car, dans ce cas, ce ne sera plus le même rayon extraordinaire qui rencontrera l'œil, mais un autre rayon extraordinaire plus réfracté que le premier et qui partira d'un point de la surface plus éloigné de celui par lequel passe le rayon perpendiculaire. Et comme la base du triangle que ces deux points forment avec l'œil doit être proportionnelle à l'écartement des images que l'œil rapporte toujours aux extrémités prolongées des deux côtés de ce triangle, l'excès de longueur que cette base acquiert par l'effet d'une plus grande épaisseur du second cristal, occasionnera un plus grand écartement entre les deux images.

Par la raison contraire, si l'on substitue au premier cristal un cristal plus mince, la base du triangle diminuera et les images se rapprocheront.

Si le cristal était assez mince pour que la base du triangle devînt insensible, les deux rayons arrivant dans l'œil presque parallèlement, ne produiraient plus qu'une image qui serait plus ou moins confuse.

M. Davy a remarqué, en effet, que tous les cristaux rhomboïdaux qui pouvaient être réduits à une lame très-mince, cessaient de manifester le phénomène de la double réfraction.

Il me reste à expliquer un dernier phénomène qui paraît contrarier cette règle, mais qui prouve, en effet, la certitude de ma théorie.

« En plaçant l'un sur l'autre deux cristaux de spath, de manière à ce que les axes soient correspondans, on continue à voir deux images, formées, l'une par la réfraction ordinaire, l'autre par la réfraction extraordinaire; et cet effet a lieu, soit que le cristal supérieur ait été placé dans une direction, soit qu'il ait été placé dans la direction opposée. Mais on remarque que dans l'une de ces deux directions les images se rapprochent, et que dans l'autre elles s'éloignent; qu'elles se rapprochent ou qu'elles s'éloignent d'autant plus que le cristal supérieur est plus épais; et que si, dans la position où les deux images se rapprochent, on se sert de deux cristaux d'une égale épaisseur, on ne voit plus qu'une seule image ».

Dans les deux cas, les facettes horizontales des petits cristaux restent superposées, et le rayon perpendiculaire continue sa route sans déviation. Les facettes obliques des petits cristaux restent également superposées; mais ces facettes obliques qui, dans une des positions des deux spaths, étaient inclinées dans un même sens, se trouvent inclinées en sens opposé lorsqu'on retourne bout pour bout le spath supérieur.

La lumière n'éprouve donc pas, dans les deux cas, une réfraction semblable.

J'ai dit la raison pour laquelle les deux images s'éloignaient dans le premier cas; il me reste à expliquer pour-

quoi elles se rapprochent dans le second et finissent par se confondre lorsque les cristaux sont d'égale épaisseur.

J'ai supposé jusqu'ici avec M. Haüy et tous les physiciens, que le rayon extraordinaire tombait obliquement sur la première surface, et que la ligne qu'il suivait avant de l'atteindre, était parallèle à la ligne qu'il suivait après l'avoir traversée. Cette hypothèse est, en effet, conforme aux lois ordinaires de la dioptrique. Mais les lois ordinaires de la dioptrique ne sont pas applicables au phénomène de la double réfraction.

J'ai dit que la facette oblique par laquelle sortait le rayon extraordinaire, était parallèle à la facette oblique par laquelle il était entré : l'on a dû en conclure, et j'en ai conclu moi-même, que la réfraction de la seconde surface détruisait l'effet de la réfraction de la première. Mais cette conclusion conforme aux principes généraux, n'est pas rigoureusement vraie ; et le rayon émergent est toujours plus incliné que le rayon incident.

Cet excès d'inclinaison, dont je vais dire la cause, est une quantité que l'on peut négliger lorsque l'objet touche la surface du spath, ou lorsque, sans la toucher, il en est à une distance très-petite, parce que dans ces deux cas, on peut supposer que le rayon extraordinaire incident a un degré appréciable d'obliquité, et il devient indifférent dès lors que le parallélisme du rayon émergent avec le rayon incident soit réel ou qu'il ne le soit pas, puisque, dans les deux cas, le second croisement auquel est dû le phénomène doit également avoir lieu.

Mais lorsque l'objet est éloigné de quelques pouces,

de quelques pieds, et à plus forte raison, lorsqu'il se trouve à une distance indéfinie, la double réfraction serait inexplicable si le rayon émergent n'était pas plus incliné que le rayon incident; car, dans ces différens cas, le rayon extraordinaire émergent ne pourrait être parallèle au rayon extraordinaire incident, qu'autant qu'il serait sensiblement perpendiculaire. Il se confondrait, dès lors, avec le rayon ordinaire, et l'on ne verrait qu'une seule image.

J'appuie une aiguille sur le spath, et j'aperçois deux aiguilles voisines et semblables. J'éloigne peu-à-peu cette aiguille, et les deux images ne s'écartent point l'une de l'autre. La chose devrait cependant avoir lieu, si l'angle visuel était déterminé par l'obliquité de l'incidence; car l'incidence est évidemment plus oblique lorsque l'aiguille est voisine du spath, que lorsqu'elle en est éloignée.

Que j'approche mon œil du cristal, ou que je l'en éloigne, la distance entre les deux images n'éprouve aucun changement, quoique je ne puisse éloigner mon œil sans diminuer la base du triangle optique.

En un mot, la sensation qui se manifeste dans les différentes positions de l'œil et de l'objet, est absolument la même qu'elle serait si l'image fantastique produite par le rayon extraordinaire était un corps réel.

Or, cet effet est inconciliable avec les lois ordinaires de la dioptrique.

Voici comment je l'explique.

Quelque petite que soit la distance d'où part la lumière qui tombe sur la surface du spath, cette distance est immense comparativement au diamètre des

petits cristaux, et à celui de la distance qui les sépare les uns des autres. Il est donc indifférent que le point lumineux soit éloigné d'une ligne, d'un pouce ou d'une toise de la surface du spath. Le rayon ordinaire incident et le rayon extraordinaire incident, tous deux perpendiculaires, doivent donc être considérés comme parallèles, jusqu'à ce qu'ils touchent la surface du grand cristal. Ce n'est qu'alors qu'ils forment entr'eux un angle produit par l'obliquité de la facette qui réfracte le rayon extraordinaire, et lui fait traverser obliquement le cristal.

Dans les réfractions ordinaires, la lumière s'infléchit par degrés en s'approchant obliquement du milieu réfringent. La parabole d'incidence se convertit, en le traversant, en courbe de moindre résistance, et celle-ci en parabole d'émergence. Les filets colorans qui s'étaient séparés par degrés, se réunissent par degrés, et la lumière qui retrouve sa blancheur et qui ne s'est point séparée du fil lumineux auquel elle appartient, continue à se mouvoir, sans qu'aucune différence sensible la distingue de la lumière ordinaire.

Mais dans la double réfraction, le rayon extraordinaire, détaché du cône auquel il appartient, est détourné de sa route par la rencontre de la facette oblique. La déviation subite et anguleuse qu'il éprouve, détache les globules du fil lumineux auquel ils étaient liés par un mouvement commun ; ils cessent d'éprouver l'effet de leur impulsion continue à laquelle seule est due l'uniformité du mouvement de la lumière, et ils deviennent des projectiles ordinaires dont le frottement retarde la marche, et auxquels il imprime ordinairement un

mouvement de rotation dont je ne m'occuperai que dans le chapitre suivant.

La perte de vitesse que le rayon extraordinaire éprouve en traversant le spath, rend, à son égard, l'attraction de la facette oblique d'émergence plus puissante que ne l'avait été celle de la facette oblique d'immergence. Une puissance égale eût renvoyé le rayon extraordinaire émergent parallèle au rayon extraordinaire incident, c'est-à-dire, perpendiculaire. Une puissance supérieure doit l'incliner vers le rayon ordinaire.

Le rayon extraordinaire, après avoir traversé le premier cristal, s'incline donc vers le rayon ordinaire, et s'incline toujours d'autant plus que le cristal est plus épais.

Lorsque sur le premier cristal on en place un second de manière à ce que ses facettes obliques soient inclinées en sens inverse de celles du premier, le rayon extraordinaire, en sortant du premier cristal avec un certain degré d'inclinaison, entre dans le second cristal par une facette qui le réfracte plus fortement encore vers le rayon ordinaire. Mais cet excès de déviation est complétement détruit par la déviation en sens contraire que lui fait éprouver la facette d'émergence du second cristal, qui est elle-même parallèle à la facette d'immergence de ce même cristal.

On voit, dès lors, que si le rayon extraordinaire tombé perpendiculairement sur la première surface du premier cristal, n'éprouvait aucune retardation en traversant les deux cristaux, il sortirait perpendiculairement de la seconde surface du second cristal, soit que les facettes des deux cristaux fussent inclinées en un même sens, soit qu'elles fussent inclinées en deux sens opposés. Car

puisque, d'après les lois ordinaires de la dioptrique, le rayon émergent doit toujours être parallèle au rayon incident lorsque ce rayon traverse deux surfaces parallèles, le rayon tombé perpendiculairement sur l'une des facettes obliques du premier cristal sortirait perpendiculairement en traversant une facette parallèle; et le même rayon tombant perpendiculairement sur une des facettes obliques du second cristal, se trouverait encore perpendiculaire en sortant du second cristal par une facette d'émergence parallèle à la facette d'incidence.

Mais le retard que le rayon extraordinaire éprouve en traversant le premier cristal, et qui est d'autant plus considérable que le premier cristal est plus épais, est cause qu'il entre dans le second cristal sous un certain degré d'inclinaison.

Le rayon extraordinaire, en traversant le second cristal, se trouve également retardé proportionnellement à l'épaisseur de ce second cristal, et il éprouve, lorsqu'il en sort, un excès de déviation. Mais, comme ce nouvel excès de déviation a lieu en sens inverse du premier, il détruit une partie de son effet. Le rayon extraordinaire doit donc se trouver d'autant moins dévié dans ce cas, que le second cristal est plus épais; et si l'épaisseur du second cristal se trouve égale à celle du premier cristal, les deux causes opposées se trouvant parfaitement égales, se détruisent complétement; les lois ordinaires de la dioptrique reprennent leur empire; tous les rayons émergens deviennent parallèles aux rayons incidens; si ces derniers sont perpendiculaires, la réfraction est nulle; s'ils sont obliques, la réfraction a

lieu de la même manière que dans les autres cristaux ; et dans l'un ou l'autre cas, l'œil n'apercevra plus qu'une seule image.

De la polarisation.

335. Malus a découvert, à la fin du siècle dernier, dans les rayons de la lumière, une propriété qu'il a désignée sous le nom de *polarisation*.

La même substance transparente qui reçoit, sous un certain angle, un rayon incident réfléchi par un autre corps, la laisse passer ou le réfléchit suivant que le plan de la seconde réflexion est perpendiculaire ou parallèle au plan de la première réflexion.

1.° Si la flamme d'une chandelle réfléchie par l'eau, sous un angle de 37 ° 15 ', est regardée à travers un morceau de spath doublement réfringent, une des images disparaîtra chaque fois que le cristal aura fait un quart de révolution.

2.° Si un rayon est réfléchi d'une surface de verre sous un angle de 35 ° 25 ', et qu'il soit reçu sous le même angle sur une surface semblable, il ne sera réfléchi par le second verre, qu'autant que le second plan de réflexion sera dans le plan du premier ; et si le second plan de réflexion coupe le premier à angle droit, le rayon sera transmis en entier, et il n'y aura point de réflexion.

3.° On fixe au plafond une glace non étamée, de manière à ce qu'elle réfléchisse verticalement un rayon

dirigé dans le plan du méridien, à l'aide d'un *héliostat* (1). Ce rayon vertical tombe sur une glace semblable sous l'angle de 35° 25'. Si, en conservant toujours cet angle, on tourne cette seconde glace successivement vers les quatre points cardinaux, le rayon est réfléchi lorsqu'elle est tournée vers le nord ou vers le sud; et il est transmis lorsqu'elle est tournée vers l'est ou vers l'ouest.

4.° Si, sans rien changer à l'appareil précédent, on reçoit sur un miroir étamé la portion de la lumière qui traverse la glace supérieure, et qu'on incline le miroir de manière à produire un second rayon vertical qui soit reçu sur une glace non étamée et toujours sous l'angle de 35° 25', ce second rayon vertical sera toujours en partie transmis, et en partie réfléchi; mais lorsque la glace sera tournée vers l'est ou vers l'ouest, il y aura plus de rayons réfléchis qu'il n'y en aura lorsque la glace sera tournée vers le nord ou vers le sud; de sorte que la polarisation qu'acquiert, dans ce cas, une partie des rayons, s'exerce en sens contraire de celle qui a lieu dans le premier cas.

De ces expériences et d'un grand nombre d'autres, Malus (2) a tiré deux conséquences, savoir :

---

(1) Miroir métallique mu par un mouvement d'horlogerie qui détruit l'effet de la marche du soleil et qui, pendant la durée de l'expérience, maintient sur le même point l'incidence du rayon réfléchi.

(2) M. Biot a continué les expériences de Malus, et il est parvenu à soumettre à des calculs analitiques les différentes

» 1.° Tous les corps de la nature, sans exception, polarisent complétement le fluide lumineux qu'ils réfléchissent sous un angle déterminé. En deçà et au-delà de cet angle, le fluide lumineux ne reçoit cette modification que d'une manière incomplète.

» 2.° Les métaux qui réfléchissent plus de fluide lumineux que les corps diaphanes, en polarisent aussi une plus grande quantité. »

Malus, dans la vue d'expliquer le phénomène qu'il avait découvert, a supposé que les atomes de la lumière étaient pourvus de trois axes rectangulaires, dont l'un était toujours dans la direction du rayon, et dont les deux autres, par l'influence des forces répulsives qu'exerce le milieu cristallin, sont rendues perpendiculaires à la direction de ses forces.

Et M. Davy observe que l'explication de Malus se trouve concordante avec l'idée qu'ont eue quelques savans, que les molécules de la lumière étaient des octaèdres ».

On n'a jamais fait, dans les sciences, une découverte qu'elle n'ait été accompagnée de la création de quelque hypothèse; et les plus savantes ne sont pas toujours les plus vraisemblables.

---

espèces de mouvement de la lumière polarisée dans son passage à travers des cristaux de diverse nature. Ses *Recherches sur la polarisation* contiennent l'histoire, aussi curieuse qu'instructive, des dernières agitations de ce projectile lancé par les flammes solaires.

Dieu ne fait rien d'inutile ; et c'eût été une grande inutilité que de tailler à *huit facettes* les molécules de lumière, et d'y ménager *trois axes rectangulaires*, pour que quelques rayons isolés pussent un jour manifester, dans le cabinet d'un physicien, les bizarreries de la polarisation. Quant aux *forces répulsives*, imaginées par Newton, on doit, en bonne physique, les reléguer parmi les *qualités occultes*.

Les molécules de la lumière n'ont pas une forme plus régulière que les feuilles de nos forêts ou les grains de sable de notre océan ; et c'est moins par leur forme que par leur poids, que la série des molécules de la lumière s'est trouvée distinguée de la série des molécules du calorique et de la série des molécules de l'azote.

Toute molécule qui appartient à la série lumineuse est un projectile qui, comme tous les projectiles, ne doit tourner sur son axe que lorsqu'il reçoit un choc ou qu'il éprouve une résistance dans une direction qui ne passe pas par son centre de gravité.

Les milliers de molécules dont se compose un rayon lumineux, se meuvent à travers le calorique qui leur présente, dans ses différens degrés de pression, des variations innombrables de résistance.

Dans cet état de choses, il est impossible qu'un rayon accomplisse la courbe de réflexion dans l'intérieur d'un corps, sans qu'une partie plus ou moins considérable des atomes lumineux n'y éprouve le genre de résistance propre à déterminer un mouvement de rotation ; et quoique cette rotation puisse, à la rigueur, avoir lieu dans tous les sens, la presque totalité des axes doit toujours être perpendiculaire à la ligne de direction du mouvement.

On conçoit, dès lors, que le nombre des atomes tournans sur leur axe après la réflexion, doit être proportionnel à la nature des courbes qu'ils ont décrites, et que conséquemment certains degrés d'incidence peuvent être plus propres que d'autres à multiplier le nombre des atomes tournans; et l'on conçoit aussi que le degré d'incidence qui, par rapport à un certain corps réfléchissant, est le plus propre à multiplier le nombre des atomes tournans, ne doit pas être le même pour un autre corps réfléchissant dont la configuration intérieure et la densité relative sont différentes.

Une incidence trop voisine de la perpendiculaire ne doit pas donner lieu à beaucoup de rotations, parce que l'atome lumineux qui plonge profondément, mais qui revient à la surface par une ligne toujours différente, à la vérité, mais qui, dans ce cas, se trouve très-voisine de la ligne d'immergence et peu différente d'ailleurs de la ligne droite, éprouve alternativement des résistances de nature opposée, qui forment entr'elles des compensations.

Une incidence trop voisine de l'horizontale n'est pas propre non plus à déterminer beaucoup de rotations, parce que les molécules lumineuses qui ne pénètrent alors qu'à une petite profondeur au-dessous de la surface du corps réfléchissant, n'éprouvent qu'une petite résistance.

L'incidence qui déterminera le plus grand nombre de rotations sera donc une incidence moyenne entre l'incidence trop voisine de l'horizontale, et l'incidence trop voisine de la perpendiculaire; et s'il était possible de prouver que les phénomènes fondamentaux de la polarisation de la lumière sont dus à la rotation de ses globules, la théorie se trouverait, à cet égard, d'accord avec les

observations de Malus, desquelles il résulte qu'il y a, dans chaque corps réfléchissant, un degré d'incidence favorable à la polarisation, au-dessus et au-dessous duquel la polarisation décroît graduellement.

Or, il me paraît possible de prouver que la rotation des globules, qui n'est pas une hypothèse, mais une conséquence nécessaire des lois du mouvement, satisfait à toutes les conditions du problème.

Si la lumière se mouvait dans un vide absolu, il serait indifférent que ses atomes fussent ou non doués d'un mouvement de rotation, et qu'ils tournassent dans un sens ou dans un autre.

Mais la lumière se meut à travers des obstacles; il faut qu'elle s'ouvre un passage à travers des milliards d'atomes de calorique qui n'exercent, à la vérité, sur elle qu'une très-faible attraction, mais dont quelques-uns se trouvent quelquefois sur son passage et sont choqués par elle; et il faut aussi qu'elle passe entre des molécules solides qui exercent sur elle une attraction proportionnelle à leur proximité et à leur densité.

La lumière peut donc, jusqu'à un certain point, être comparée à une balle de paume ou à une bille de billard.

Les joueurs de paume, au moyen des diverses inclinaisons de leur raquette, communiquent à la balle trois espèces de rotation; savoir : la rotation *naturelle* qui a lieu quand la balle tourne dans le sens de sa ligne de projection et sur un axe qui coupe cette ligne à angle droit; la rotation *coupée* qui a lieu sur le même axe, mais en sens inverse de la ligne de projection; et la ro-

tation *tournée* qui s'accomplit sur un axe plus ou moins oblique à la ligne de projection.

La balle *naturelle* et la balle *coupée* rebondissent sans changer de direction, et la seule différence qu'il y ait entr'elles, c'est que la balle *coupée* rebondit beaucoup moins que la balle *naturelle*, et qu'elle devient, dès lors, plus difficile à relever.

Mais la balle *tournée*, soit qu'elle touche le carreau, soit qu'elle touche le mur, se détourne de sa route, et se meut à-la-fois dans le sens de son impulsion et dans le sens de sa rotation, en suivant la diagonale des deux puissances; et il faut, dès lors, une très-grande habitude pour prévoir la route qu'elle doit suivre.

J'ai remarqué, au surplus, et tous les joueurs de paume ont pu remarquer comme moi, qu'à égalité de force dans le coup de raquette, la balle était plus rapide lorsqu'elle était bien empaumée, c'est-à-dire, lorsqu'elle était frappée dans la direction de son centre, que lorsqu'elle recevait un choc oblique qui la faisait tourner sur son axe; et que plus elle tournait vite, moins son mouvement impulsif était rapide.

Cet effet m'avait paru facile à expliquer, parce qu'il ne me semblait pas possible que la force employée et consommée pour imprimer à la balle un mouvement de rotation, pût servir en même temps à lui imprimer un mouvement progressif aussi rapide que celui qu'elle aurait reçu, si la force toute entière eût été employée au mouvement impulsif.

Mais, depuis qu'il a été décidé analitiquement (1) qu'un corps frappé hors de la direction de son centre, devait tourner sur son axe comme s'il n'avait pas reçu de mouvement impulsif, et se mouvoir en ligne droite comme s'il ne tournait pas sur son axe, je me trouve forcé de croire au double emploi d'une même puissance, et d'oublier à-la-fois ce que j'ai vu et ce que j'ai pensé.

Lorsqu'un joueur de billard frappe sa bille dans la direction du centre, ou un peu au-dessus, elle tourne dans le sens de la ligne d'impulsion, et lorsqu'elle frappe la bande, elle lui imprime deux chocs, l'un résultant de sa rotation dont l'effet s'exerce dans le sens de la verticale et qui est détruit par la réaction de la bande, l'autre qui est horizontal et qui donne lieu à une répulsion que la bille reçoit à-la-fois de sa propre élasticité et de l'élasticité de la bande. Elle revient alors vers le joueur, en formant avec la perpendiculaire un angle de réflexion égal à l'angle d'incidence et en tournant sur son axe en sens contraire de sa première rotation : ce qui doit avoir lieu, parce que la résistance que le tapis lui présente s'exerce alors en sens contraire, et que la première rotation a été détruite par la réaction de la bande.

Mais si le joueur frappe sa bille à droite ou à gauche du centre, le mouvement de rotation qui en résulte, coupant, sous une angle quelconque, la ligne de projection, produit sur la bande une percussion particulière qui donne lieu à une réaction en sens contraire. Cette réac-

(1) Histoire de l'Astronomie par M. Voiron, pag. 158.

tion détruit la régularité de la réflexion produite par le mouvement impulsif ordinaire, et la bille est repoussée d'une quantité plus ou moins grande vers le côté où elle a été frappée. Si cette réaction extraordinaire l'emporte sur la réaction naturelle, l'angle de réflexion se trouvera situé du même côté de la perpendiculaire, et quelquefois même il pourra être plus obtus que l'angle d'incidence.

Et si enfin le joueur frappait sa bille au-dessous du centre, il lui imprimerait un mouvement de rotation en sens inverse du mouvement impulsif, et ce mouvement de rotation n'étant pas détruit par la réaction de la bande, augmenterait l'effet du rebondissement, et ferait même rétrograder la bille, si, dans ce cas, elle frappait une autre bille égale en grosseur (1).

En appuyant fortement le doigt sur une bille, un peu en deçà du sommet, la bille glisse et s'échappe; mais comme elle a reçu un mouvement de rotation en sens inverse du mouvement impulsif, elle obéit d'abord au mouvement impulsif qui prédomine, mais qui est graduellement re-

---

(1) Des joueurs très-forts se sont servis de ce moyen pour exécuter le coup suivant : On place trois billes sur la même ligne : deux sont placées en face et tout près des deux blouses du milieu, et la bille du joueur est dans la même direction. Il joue sur l'une des billes qu'il bloque ; sa bille rebondit et va caramboler sur l'autre bille qu'il fait à l'autre milieu.

Pour produire ces effets, il faut se servir d'une queue taillée en biseau ou arrondie, et qui, dans les deux cas, doit être enduite de craie.

tardé par le mouvement de rotation ; et lorsque le mouvement impulsif se trouve tout-à-fait détruit, la partie du mouvement de rotation qui n'a pas été détruite par le frottement, ramène la bille vers le doigt qui l'a lancée.

Il résulte de ces exemples qu'un globule de lumière qui tourne sur son axe dans une certaine direction, ne doit pas être réfléchi de la même manière qu'un autre globule qui est lancé parallèlement au premier, mais qui tourne sur un axe différent.

Dans la masse de lumière qui s'écoule directement du soleil, et dont les molécules n'ont éprouvé que de faibles perturbations, les rotations partielles doivent être ou nulles ou trop faibles pour produire des effets sensibles; mais il n'en est pas ainsi de la lumière réfléchie. Plus les réflexions ont été nombreuses, plus il doit se trouver de molécules tournantes avec des vitesses et sur des axes différens ; et il est encore à remarquer, à cet égard, que de toutes les lumières, la moins propre à être polarisée se trouve être celle qui vient directement du soleil.

La densité relative de la lumière directe du soleil et son mélange avec le calorique et le fluide élémentaire, doivent aussi contribuer à rendre moins sensible sur les atomes lumineux, l'effet d'une première réflexion (1) ; mais lorsqu'après deux ou plusieurs réflexions, la lumière devenue plus rare a été dépouillée de la plus grande par-

---

(1) La lumière de la lune n'est pas polarisée ; mais celle qui est tamisée à travers les nuages, ou qu'ils nous renvoyent par réflexion, soit qu'elle soit blanche, soit qu'elle soit colorée, est toujours plus ou moins polarisée.

tie du calorique et du fluide élémentaire qu'elle avait entraînés avec elle, elle ne peut plus accomplir, dans l'intérieur d'un corps, la courbe nécessaire à une nouvelle réflexion, sans qu'une partie de ses molécules y trouve, avec des obstacles plus immédiats, la cause d'un mouvement de rotation plus rapide.

Dans la première des expériences que j'ai citées, la rotation imprimée aux globules (1) de la lumière réfléchis par l'eau, devait être de même nature que la rotation imprimée à un boulet de canon par l'effet du ricochet, c'est-à-dire, qu'elle devait avoir lieu dans le sens de la ligne de mouvement et sur un axe perpendiculaire à cette ligne.

Il est évident, en effet, que, dans le ricochet, la partie inférieure du boulet trouve toujours une résistance plus grande que sa partie supérieure, et que, dès lors, c'est toujours celle-ci qui doit se porter en avant; et il en doit être de même des globules de la lumière qui, comme le boulet, éprouvent plus de résistance vers la profondeur de l'eau que vers sa surface.

Dans la seconde et la troisième expérience, il est également certain que les globules doivent tourner sur un axe perpendiculaire à la ligne d'impulsion; mais il est incertain si la rotation a lieu dans le même sens que l'impulsion, ou dans le sens contraire; car, si d'un côté les globules reçoivent, en pénétrant dans le verre, un

(1) La rotation des globules de la lumière sur leur axe n'est point une hypothèse. M. Biot a été à portée de l'observer dans quelques cas particuliers.

mouvement de rotation dans le sens de l'impulsion, ils le reçoivent dans le sens contraire, lorsqu'ils approchent de la seconde surface, et surtout lorsqu'ils la traversent deux fois.

Mais, quel que soit le sens de leur rotation définitive, il suffit que la position de l'axe ne soit pas changée, pour que les effets soient les mêmes.

On doit concevoir, en effet, que lorsque les deux glaces réfléchissantes sont disposées entr'elles de manière à ce que la seconde réflexion s'opère dans le même plan que la première, cette seconde réflexion doit avoir lieu d'après les lois ordinaires, soit que le globule réfléchi n'ait aucun mouvement de rotation, soit qu'il en ait un sur un axe perpendiculaire à la ligne de son mouvement impulsif; car dans ce cas, le mouvement de rotation, dans quelque sens qu'il ait lieu, ne peut changer en aucune manière la direction du mouvement impulsif.

Le globule renvoyé par l'héliostat dans le plan du méridien sur la glace supérieure et réfléchi verticalement par cette glace, doit, s'il a acquis dans ce cas un mouvement de rotation, tourner sur un axe perpendiculaire au plan du méridien.

Or, ce globule étant reçu par la glace inférieure et refléchi par cette seconde glace, soit vers le nord, soit vers le sud, conserve, dans ces deux directions, son axe de rotation perpendiculaire à la ligne de projection; il doit donc suivre les lois ordinaires et se réfléchir avec la même docilité, soit vers le sud, soit vers le nord.

Il n'en doit pas être ainsi lorsque la glace inférieure est placée de manière à lancer le globule, soit vers

l'est, soit vers l'ouest ; car le globule ne peut se mouvoir dans l'une ou l'autre de ces directions, qu'après avoir perdu le premier mouvement de rotation qu'il avait acquis, pour en acquérir un second sur un axe perpendiculaire au nouveau plan de projection ; et comme l'angle d'incidence est le même dans les deux cas, et que dès lors l'attraction exercée sur le globule par les molécules du verre dans le dernier cas, n'est pas plus considérable que celles qu'elles exerçaient dans le premier cas, cette attraction ne pourrait produire le même effet, qu'autant que la résistance du globule ne serait pas plus considérable dans le second cas que dans le premier : or, elle est plus considérable, puisqu'en vertu de son inertie il doit persévérer dans le premier mouvement de rotation jusqu'à ce qu'il soit détruit par une puissance suffisante. La cause qui produit la réflexion dans le premier cas, peut donc être insuffisante pour la produire dans le dernier cas.

Mais il est encore une autre raison qui doit contribuer à la transmission du globule ; c'est l'excès de vitesse qu'il acquiert par le changement de direction de son axe.

Un globe qui tourne sur un axe dirigé de l'est à l'ouest et qui se meut avec une certaine vitesse, ne peut être déterminé à tourner sur un axe dirigé du nord au sud, qu'autant que son centre décrit un arc autour d'une des deux extrémités de son premier axe ; et comme il ne peut décrire cet arc que dans la direction du mouvement progressif, il s'ensuit que le centre du globe, et conséquemment le globe lui même, acquiert, dans ce cas, un excès de vitesse égal à son demi-diamètre.

Or, cet excès de vitesse, quelque petit qu'on le suppose, doit suffire pour déterminer la transmission d'un globule de lumière qui se trouve à la dernière limite de la réflexion; car s'il était encore réfléchi dans ce cas, il n'aurait pas été à la dernière limite de la réflexion, mais seulement à l'avant-dernière; ce qui est contraire à la supposition.

Si cette explication est admise, ou qu'en tous cas on reconnaisse, par quelque motif que ce soit, qu'un globule de lumière qui tournerait sur un axe parallèle à la ligne de son mouvement impulsif, ne serait pas réfracté ou réfléchi d'après les mêmes lois qu'un globule qui tournerait sur un axe perpendiculaire à cette ligne, on ne doit pas être étonné que le même rayon qui, sous un certain angle d'incidence, est réfléchi dans le plan du méridien, ne soit pas réfléchi, quoique sous le même angle d'incidence, dans un plan perpendiculaire au plan du méridien; et l'on ne doit pas être étonné non plus que l'une des deux images que produit une flamme réfléchie lorsqu'elle est vue à travers le spath d'Islande, disparaisse lorsque ce cristal, en faisant un quart de tour, détourne le rayon extraordinaire qui produisait la seconde image, et le force d'accomplir ses diverses déviations dans un plan qui coupe à angle droit celui dans lequel se meut la lumière réfléchie.

Quant à la quatrième expérience, les anomalies qu'elle présente dépendent entièrement de la configuration des atmosphéroïdes de l'amalgame de mercure et d'étain qui forme l'étamage du miroir; et il suffit, pour en concevoir la cause, de supposer que les globules qui circulent dans l'intérieur de ce mélange hétérogène, y éprouvent

sous un angle déterminé d'incidence un peu plus de résistance dans une direction que dans une autre.

De la diffraction.

336. La déviation qu'éprouvent les rayons lumineux qui rasent la surface des corps a été découverte par le père Grimaldi qui lui donna le nom de diffraction.

Newton et de Mairan observèrent avec beaucoup d'attention les effets de la diffraction et hasardèrent quelques conjectures sur la cause de ce phénomène.

M. Flaugergues s'en est récemment occupé ; il s'est assuré d'abord que la figure des corps, leur densité, leur température et la nature des milieux qui les environnent, n'apportaient aucune modification sensible dans les circonstances du phénomène. Il a mesuré l'angle que forme le rayon infléchi avec le rayon direct, et il a trouvé que cet angle était d'environ une minute dix-neuf secondes.

Les expériences de M. Flaugergues l'ont conduit à deux résultats.

L'un, c'est que la force qui produit la diffraction est une force sensiblement constante, mais dont l'action cesse d'être sensible à une très-petite distance du point de contact.

L'autre, c'est que l'action de la diffraction est inverse de celle de la réfraction, c'est-à-dire, que les rayons les moins réfrangibles sont ceux qui sont les plus diffractés, et réciproquement.

La première de ces conséquences n'a rien d'étonnant ;

elle n'est qu'un fait de plus à ajouter à tous ceux qui ont servi à établir la théorie des attractions moléculaires.

Mais la seconde renverse toutes les idées. Et si la propriété que M. Flaugergues a observée dans la diffraction a été remarquée par Newton, comme il y a tout lieu de le présumer, il n'est pas étonnant que ce grand homme ait mis en problème, dans le chapitre de son *Optique* relatif à la diffraction, la question de savoir si la lumière était un corps ou non : *De naturâ radiorum, utrum sint corpora nec ne, nihil omninò disputans.*

Comment concevoir en effet, que le rayon violet, qui de tous les rayons est le plus dévié lorsqu'il s'approche de la surface d'un prisme de manière à pouvoir entrer dans le cristal, soit de tous les rayons le moins dévié lorsque, sans entrer dans le cristal, il rase l'arrête de ce même prisme.

Il faut ici de trois choses l'une :

Ou que la nature ait cessé d'être conforme à elle-même ; ce qu'il n'est pas permis de présumer ;

Ou que M. Flaugergues se soit trompé ; ce qui n'est pas vraisemblable, puisqu'aucune expérience contraire n'a été opposée à celles qu'il a faites ;

Ou que le renversement des couleurs par l'effet de la diffraction soit le résultat naturel de la gravitation des couleurs.

Cette dernière proposition étant la seule raisonnable est aussi la seule à laquelle je m'arrête. Je vais donc appliquer à ce phénomène la grande loi qui explique tout. Mais avant de donner cette explication, il est indispensable d'exposer les résultats de l'expérience fondamen-

tale à laquelle se coordonnent les expériences de M. Flaugergues.

On introduit dans une chambre obscure un rayon de lumière que l'on fait tomber sur un cheveu ou sur un très-petit fil métallique, dont on reçoit l'ombre à quelques pieds de distance. (*Diction. encyclop. fig.* 66. *Optique*).

Voici les effets observés :

1.° L'ombre est beaucoup plus grande qu'elle ne devrait être d'après le diamètre du petit *cylindre* que présente le fil ou le cheveu.

2.° L'ombre est bordée de chaque côté par trois spectres colorés, séparés les uns des autres.

3.° L'ordre dans lequel les couleurs se manifesten en partant de la ligne qui termine l'ombre, est le même des deux côtés.

Premier spectre : violet, pourpre, bleu pâle, vert, jaune, rouge.

Second spectre : bleu, jaune, rouge.

Troisième spectre : bleu pâle, jaune pâle, rouge.

D'après la disposition des lignes de la figure, on voit que de Mairan, sur les dessins de qui elle a été gravée, attribuait les trois spectres à trois rayons qui rasaient le cylindre à trois distances différentes du même côté où les spectres étaient produits ; de manière que le spectre le plus éloigné de l'ombre, était supposé produit par le rayon le plus éloigné du cylindre.

Dans cette hypothèse, l'ordre naturel des couleurs se trouvait renversé, puisque le rouge était dans les trois spectres, le rayon qui était le plus dévié de sa route primitive.

La marche des trois rayons se trouvait d'ailleurs contraire à la marche que suivent les rayons infléchis, qui se courbent toujours vers les corps.

Cette dernière anomalie disparaîtra, si l'on suppose que dans cette expérience les rayons se croisent, et que les trois spectres de l'un des côtés de l'ombre sont produits par les trois rayons qui passent du côté opposé du cylindre.

Dans cette dernière supposition, l'ordre des couleurs sera également renversé; car ce sera toujours le rouge qui s'écartera davantage de sa route naturelle : mais il ne s'agira du moins pour expliquer ce renversement, que de prouver que la même cause qui détermine le croisement des rayons, détermine aussi le croisement des couleurs de chaque rayon.

La lumière ne peut être réfractée, réfléchie ou diffractée sans une déviation préalable qui s'opère à une certaine distance des corps; et comme tout rayon dévié est un rayon coloré, ce n'est jamais la lumière blanche qui pénètre dans l'intérieur des corps, mais la lumière dans l'état de coloration.

Pour que les couleurs soient effacées dans ce cas, et que le rayon réfracté ou réfléchi devienne blanc, il est nécessaire que la surface par laquelle elles sortent, soit parallèle à celle par laquelle elles sont entrées, parce que ce n'est que dans ce cas que les paraboles d'émergence qui doivent rassembler les couleurs, se trouveront semblables aux paraboles d'incidence qui ont déterminé leur écartement.

Toutes les fois que la surface d'émergence se trou-

vera oblique à la surface d'incidence, les paraboles d'émergence seront différentes des paraboles d'incidence.

Si l'obliquité de la surface d'émergence se trouve combinée avec la ligne d'émergence des couleurs, de manière à ce que la parabole d'émergence que chaque couleur doit décrire et qui est toujours différente pour chaque couleur, augmente la distance qui la sépare de la couleur voisine, l'ordre naturel des couleurs ne sera point interverti, et la distance à laquelle elles se trouveront après l'émergence sera proportionnelle aux deux puissances qui auront concouru à leur écartement.

Mais si l'obliquité de la surface d'émergence se trouve combinée avec la ligne d'émergence des couleurs, de manière à ce que la parabole d'émergence que chaque couleur doit décrire, la rapproche de la couleur voisine, il en résultera du blanc si les paraboles d'émergence sont parfaitement semblables aux paraboles d'incidence. Mais s'il existe à cet égard quelque différence en plus, le croisement des couleurs et l'interversion de leur ordre naturel seront la conséquence nécessaire de leur rapprochement.

L'écartement des couleurs dans leur ordre naturel a lieu dans la réfraction prismatique. Leur croisement et l'interversion de leur ordre naturel ont lieu dans la diffraction.

Si, dans l'expérience qu'il s'agit d'expliquer, il se trouve trois spectres colorés placés à une certaine distance l'un de l'autre, c'est qu'il y a trois rayons parallèles qui traversent le bord du cylindre à trois épaisseurs différentes.

Le rayon qui traverse la plus grande épaisseur, la traverse avec la totalité de ses couleurs, et le spectre qu'il produit est celui qui est le moins dévié des trois, parce que la ligne d'émergence des couleurs traverse la surface d'émergence sous un angle moins aigu que celui qui est formé par la ligne d'émergence des couleurs qui ont traversé le bord du cylindre dans une moindre épaisseur.

Celui des trois rayons qui traverse la couche la plus mince étant celui des trois dont la ligne d'émergence est la plus oblique à la surface d'émergence, doit dès lors produire le spectre le plus dévié.

Chacun des trois spectres étant dévié suivant une loi particulière, leur défaut de contiguité s'explique naturellement, et il n'est pas besoin de recourir, à cet égard, à l'hypothèse de M. Flaugergues qui a supposé que le pouvoir diffractif agissait et cessait d'agir alternativement.

Le spectre le plus voisin de l'ombre est donc produit par le rayon qui traverse le bord du cylindre dans sa plus grande épaisseur; et l'on conçoit la raison pour laquelle ce spectre est à-la-fois le moins dévié et celui qui présente le plus grand nombre de couleurs.

Si l'on ne trouve dans le second spectre ni violet ni pourpre, c'est que la trop grande obliquité de la ligne d'émergence de ces deux couleurs est cause qu'elles sont rappelées dans l'intérieur du cylindre.

Et si enfin le troisième spectre qui est le plus dévié de tous, ne présente à peu de chose près que du rouge, c'est que l'obliquité d'émergence, plus grande encore que

dans le cas précédent, ramène dans l'intérieur du cylindre la presque totalité des couleurs, à l'exception du rouge.

Au-delà du rayon qui produit le troisième spectre se trouve la partie de la lumière qui est infléchie, mais qui n'est pas diffractée. C'est cette lumière, dont la direction forme avec la direction primitive du rayon un angle d'une minute 19 secondes. Sa coloration en masse doit être insensible; mais la coloration de ceux de ses rayons qui sont le plus infléchis, peut être sensible. Ce quatrième spectre, s'il existe, doit être moins dévié que les trois autres. Il doit dès lors tomber sur l'ombre même; et s'il est possible de reconnaître l'ordre de ses couleurs, on doit les trouver dans l'ordre naturel.

La grandeur extraordinaire de l'ombre du cheveu, est due à la déviation des rayons qui auraient bordé l'ombre ordinaire, si l'inflexion ne les eût pas détournés de leur route. Il est évident, en effet, que l'ombre n'est autre chose qu'une privation de lumière, et que la déviation des rayons doit produire, à cet égard, le même effet que l'interposition d'un corps opaque.

M. Flaugergues a expliqué suivant la méthode newtonienne la cause de l'interversion de l'ordre des couleurs.

Il suppose que les molécules de la lumière sont sphériques, qu'elles sont douées d'un mouvement de rotation uniforme, et qu'elles sont pourvues chacune de deux pôles, dont l'un attire les corps et en est attiré, et dont l'autre les repousse et en en est repoussé; et M. Libes, en rendant compte des travaux de M. Flaugergues, observe que ce savant a tiré de cette hypothèse le plus grand parti possible, en expliquant, non seulement les

phénomènes de la diffraction, mais encore ceux de la réflexion de la lumière par les lames transparentes.

Je conviens que les physiciens modernes ont eu raison de préférer les explications de ce genre à l'horreur du vide et aux combats éternels du froid et du chaud, du sec et de l'humide; mais, dans l'état actuel des connaissances, la sublimité des théories géométriques appliquée à des phénomènes de pure physique ne répand, sur ces matières, qu'une lueur propre à égarer les étudians, en leur persuadant que toute la science consiste dans des formules; et il serait temps peut-être que les savans se concertassent pour établir une ligne de démarcation entre la géométrie de la nature et la géométrie des géomètres.

Les expériences et les calculs de Newton ont rendu à la science les plus éminens services; mais, dût-on m'accuser d'impiété, je n'en soutiendrai pas moins que ses doctes hypothèses ont été nuisibles à la science. Et lorsque je lis dans les ouvrages de cet homme divin, que le pouvoir attractif dont la matière est douée, se convertit en pouvoir répulsif, de la même manière que les quantités positives de l'algèbre se convertissent en quantités négatives, j'ai de la peine à croire que cette pensée, aussi fausse que bisarre, soit sortie du cerveau qui inventa le calcul de l'infini.

Il s'agit maintenant de trouver, d'après la loi de la gravitation, la cause qui détermine le croisement des couleurs.

Cette cause va devenir sensible, si l'on veut bien se rappeler ce que j'ai dit sur la marche des rayons dans l'intérieur des corps qui les réfractent ou les réfléchissent.

Tout rayon que la puissance attractive d'un corps dé-

tourne de sa route, se déchire et se colore. Le violet est toujours le plus attiré et le plus dévié des rayons colorans, et le rouge est toujours celui qui est le moins dévié.

Dans l'incidence oblique de la lumière sur un prisme de cristal, le rayon est dévié deux fois dans le même sens, et les couleurs du spectre sont vues dans leur plus grand écartement. Mais si l'incidence du rayon blanc a eu lieu sous un certain angle, les couleurs émergentes se séparent et forment deux spectres, parceque, dans ce cas, les couleurs les plus réfrangibles sont forcées par l'obliquité de leur ligne d'émergence à rentrer dans l'intérieur du prisme, et à en sortir par une autre surface.

Un rayon qui tombe obliquement sur un miroir métallique plan, se dévie avant de toucher sa surface : la déviation continue dans le même sens, à mesure qu'il pénètre dans l'intérieur de la couche diaphane, et la séparation des couleurs est la plus grande possible, lorsque l'ensemble de ce rayon arrive au sommet de la courbe de moindre résistance. Les couleurs se rapprochent ensuite à mesure que le rayon achève cette courbe, et les couleurs arrivent au point d'émergence dans le même degré d'écartement où elles se trouvaient au moment de l'immergence. L'attraction de la surface les force alors à décrire autant de paraboles différentes qu'il existe de couleurs différentes ; et comme ces paraboles sont entièrement semblables à celles que chaque couleur avait décrites par l'effet de la déviation primitive, elles se trouvent nécessairement rassemblées au moment où le rayon s'échappe par la tangente de la seconde parabole.

Pour comprendre la cause du croisement des couleurs dans le phénomène de la diffraction, il est important de

fixer particulièrement son attention sur les *paraboles d'émergence* que décrivent les couleurs dans le phénomène de la réflexion par le miroir plan.

La réunion des couleurs ne peut avoir lieu alors, que parce que le rouge est plus dévié que le violet, et la cause de cette plus forte déviation du rouge est la différence des courbes que les deux couleurs ont décrites dans l'intérieur du corps réfléchissant. Le violet qui a pénétré à une plus grande profondeur, sort de la surface par une ligne moins oblique que celle par laquelle sort le rouge. Le pouvoir attractif de la surface doit donc produire, dans ce cas, un plus grand effet sur le rouge que sur le violet; et c'est cette différence qui est cause que le rouge atteint le violet au point où commence la tangente commune de toutes les couleurs.

J'en conclus que, s'il arrivait un cas où la différence d'inclinaison des deux rayons fût plus grande, le rayon rouge croiserait le rayon violet.

Or, il est aisé de prouver que dans le phénomène de la diffraction, cette différence se trouve plus grande.

La diffraction commence de la même manière que la réflexion.

Le rayon blanc qui s'approche du bord d'un très-petit cylindre, ou ce qui revient au même, de l'arrête d'un prisme, est attiré par la petite surface plane que présente cette arrête, et s'infléchit vers elle. Ce rayon est dès lors déchiré, et le violet qui s'approche plus que le rouge de la perpendiculaire au plan d'incidence, pénètre plus profondément que lui dans la couche diaphane. Après avoir décrit la courbe déterminée tant par l'obliquité de son incidence, que par la résistance du calorique, le violet

sort de ce prisme ou de ce cylindre par une surface qui est inclinée à celle par laquelle il est entré.

La ligne par laquelle sort le violet doit se trouver dès lors moins inclinée à la surface d'émergence, que ne l'était la ligne d'incidence à la surface d'incidence ; et si je suppose que la ligne par laquelle il sort soit perpendiculaire à la surface d'émergence, le violet, dans ce cas, continuera sa route sans éprouver aucune déviation.

Mais si la ligne d'émergence du violet est perpendiculaire à la surface d'émergence, il est impossible que la ligne d'émergence du rouge le soit également ; car le rouge, dans son passage à travers la couche diaphane, n'a pas été aussi courbe que le violet.

La déviation que le rouge doit éprouver dans ce cas, par l'effet de l'inclinaison de sa ligne d'émergence, doit donc le rapprocher de la ligne de direction du violet. Or, comme j'ai supposé que cette ligne était perpendiculaire à la surface, elle doit nécessairement être coupée par la ligne de direction du rouge ; et dans le spectre qui naîtra de ces deux couleurs croisées, l'ordre naturel se trouvera renversé.

Il en serait de même si la ligne d'émergence du violet se trouvait inclinée à la surface d'émergence, parce que, dans ce cas, l'obliquité de la ligne d'émergence du rouge augmenterait proportionnellement. (Voy. les fig.)

La même cause qui détermine le croisement du rouge et du violet doit occasionner celui des autres couleurs.

Le spectre principal produit par la diffraction a un caractère particulier, c'est l'altération du bleu.

Il doit paraître singulier que la diffraction présente

cinq couleurs dans tout leur éclat, et n'en altère qu'une seule; que la couleur altérée ne soit pas placée à l'une des extrémités du spectre; et qu'enfin les deux couleurs les plus délicates, savoir, le pourpre et le violet, soient intactes, tandis que le bleu, qui est une couleur beaucoup plus solide, se trouve remarquable par sa pâleur.

Ce phénomène qui serait inexplicable si les couleurs avaient été projetées dans l'ordre de leur séparation primitive, s'explique parfaitement si l'on se détermine à reconnaître que le spectre n'est pas le produit d'une cause unique, mais celui de deux causes; savoir l'inflexion qui décompose le rayon dans l'ordre naturel des couleurs, et la diffraction qui détruit cet ordre par le renversement qu'elle produit.

Il est essentiel d'observer que les deux causes qui concourent à la production du spectre ne sont pas opposées, mais qu'elles sont seulement différentes: or, comme il n'existe entr'elles aucune corrélation nécessaire et que chacune d'elles pourrait varier en intensité, le résultat auquel elles donnent lieu ne peut jamais avoir une exactitude géométrique, et il doit nécessairement se trouver dans le spectre renversé des traces d'irrégularité.

L'altération du bleu étant celle que le spectre principal présente ordinairement, il s'agit d'examiner si, dans le résultat du croisement général, le bleu ne serait pas en effet plus exposé à l'altération que les autres couleurs.

J'ai fait voir que le *maximum* de la déviation secondaire à laquelle est dû le croisement des couleurs s'exerçait sur le rouge, et que le *minimum* de cette altération s'exerçait sur le violet. Ces deux couleurs après leur croisement, doivent donc occuper, comme auparavant, les

deux extrémités du spectre; car, si quelqu'autre couleur occupait l'extrémité destinée au rouge, cette couleur aurait été plus fortement déviée que le rouge; et si quelqu'autre couleur occupait l'extrémité destinée au violet, cette autre couleur aurait été moins déviée que le violet.

Si le rouge et le violet n'existaient pas, le jaune et le pourpre occuperaient les deux extrémités du spectre. Ces deux couleurs doivent donc, après le croisement, se trouver à la même distance de l'extrémité du spectre.

Il résulte donc de la nature des choses que, dans le spectre, le rouge, le jaune, le pourpre et le violet doivent être des couleurs intactes.

Mais le bleu et le vert qui occupent le centre du spectre, sont des couleurs contigues que le croisement doit faire changer de place; et si la déviation n'a pas été suffisante pour opérer un croisement complet, c'est, dès lors, sur l'une de ces couleurs ou sur toutes deux, que l'on pourra seulement apercevoir les traces de l'insuffisance du croisement.

Cette irrégularité doit être renfermée dans d'étroites limites; car il résulte des expériences de M. Flangergues, que les différences de densité, de température et de milieu, ne produisent pas d'effets sensibles sur le pouvoir qu'ont les corps de diffracter la lumière.

Je ne connais les expériences de M. Flaugergues que par le compte très-sommaire qui en a été rendu par M. Libes; et dans l'ignorance où je suis des détails de ces expériences, il m'est permis de dire que j'ai de la peine à croire qu'il n'y ait aucune différence réelle entre la diffraction produite par un cheveu et la diffraction produite par un fil de platine de même diamètre que ce

cheveu ; mais, en supposant que le résultat soit le même dans les deux cas, il y a lieu de présumer qu'il ne le serait pas, si au lieu de varier la densité des corps, on variait leur forme, et si, par exemple, au lieu de se servir d'un fil cylindrique, on se servait d'un fil ellipsoïdal, que l'on placerait alternativement dans le sens de son grand axe et dans le sens de son petit axe.

Le spectre du second rayon ne manifeste que trois couleurs, savoir : le bleu, le jaune et le rouge, et aucune de ces couleurs n'est altérée.

J'ai expliqué la cause de l'absence du violet et du pourpre, et il résulte de cette explication, que le pouvoir diffractif ne s'étant exercé que sur un spectre incomplet, bordé d'un côté par le rouge et de l'autre par le bleu, il a dû occasionner le croisement de ces deux couleurs qui après leur croisement, ont continué à former la bordure du spectre.

Il ne s'agit donc plus que d'expliquer la raison pour laquelle le vert à disparu complétement, et celle pour laquelle le jaune n'a rien perdu de sa pureté ni de son intensité.

Si dans un spectre prismatique où l'on distingue sept couleurs, on retranchait le violet et le pourpre, le jaune se trouverait placé au milieu des cinq couleurs restantes ; et l'on conçoit, que si dans ce cas on croisait les couleurs, le jaune n'éprouverait aucun déplacement.

Dans le spectre produit par la diffraction, on ne distingue pas l'orangé, parce que la moitié de cette couleur peu saillante, est considérée comme appartenant au rouge, et l'autre, comme appartenant au jaune ; mais l'orangé n'en remplit pas moins la place que la nature lui a as-

signée ; l'orangé doit donc dans le spectre du second rayon se croiser avec le vert.

Dans le spectre principal où la cause du croisement a été plus énergique, parce que les couleurs, en traversant une plus grande épaisseur, se sont plus écartées, le vert n'a pas passé tout-à-fait à la place qu'occupait le bleu, mais en a couvert une partie ; ce qui a occasionné l'altération remarquée dans le bleu.

Mais dans le second spectre, l'insuffisance de la force du croisement a été cause que l'orangé et le vert n'ont fait chacun que la moitié du chemin qu'ils devaient faire, et qu'ils se sont confondus, au lieu de se croiser.

Le vert et l'orangé, en se confondant, forment du jaune ; et ce jaune accidentel a dû tomber sur le jaune naturel qui, comme couleur centrale, n'avait point été déplacé par le croisement, et se trouvait précisément au point de réunion du vert et de l'orangé.

Le spectre du second rayon ne doit donc être composé que de bleu, de jaune et de rouge ; et le jaune, loin d'y présenter aucune trace d'altération, doit y avoir une teinte renforcée.

Je propose au surplus, à ce dernier égard, une expérience décisive ; c'est de faire tomber le rayon jaune sur un prisme. Si la décomposition de ce rayon faisait reconnaître la présence du vert et de l'orangé, l'explication que je donne du phénomène de la diffraction n'aurait plus rien de douteux.

Le spectre du troisième rayon est semblable au spectre du second, avec cette seule différence que le bleu et le jaune y sont pâles.

Le troisième rayon étant celui dont la ligne d'émer-

gence forme avec la surface du cylindre, l'angle le plus aigu, est celui qui a dû éprouver la plus grande déviation; le rayon rouge domine seul dans ce dernier cas, parce que les couleurs pâles dont il est accompagné ne sont que des débris échappés à la puissance attractive de la surface d'émergence et qui n'ont dû leur liberté qu'à la vitesse que l'inflexion avait donnée à l'ensemble des couleurs.

De la coloration vaporeuse.

337. Le soleil, la lune, et tous les corps lumineux, vus à travers une masse vaporeuse, paraissent rouges, et d'autant plus rouges que les vapeurs sont plus épaisses.

On explique ce phénomène, en disant que les rayons rouges sont les plus puissans et les seuls qui puissent vaincre l'obstacle que le nuage oppose au passage de la lumière.

Mais si telle était en effet la cause de la coloration des astres, nous les verrions rouges, en plaçant entr'eux et nous des corps demi-diaphanes.

La véritable cause de la coloration des astres dont les rayons traversent des vapeurs, est la diffraction.

Que le soleil soit vu à travers un tourbillon de poussière, ou à travers la fumée de la poudre à canon, ou à travers un brouillard humide, il paraîtra toujours coloré; et la couleur sera d'autant plus rouge, que les molécules disséminées entre notre œil et lui seront en plus grand nombre. Je conclus de cette observation, que la coloration vaporeuse n'est point l'effet d'une modification

particulière des corps qui la causent, mais qu'elle est le résultat d'une propriété inhérente à la matière; or, comme tous les corps diffractent la lumière, c'est à la diffraction seule que ce phénomène doit être attribué si la diffraction peut le produire.

Or, je soutiens que la diffraction non seulement peut le produire, mais qu'elle doit nécessairement le produire.

Parmi les spectres dus au pouvoir diffractant, il n'y a que ceux des deux derniers rayons qui puissent faire prédominer le rouge; car, puisque les spectres du premier rayon manifestent la presque totalité des couleurs, il ne doit résulter que du blanc, de leur multiplicité.

Le spectre du second rayon, quoique composé seulement de rouge, de jaune et de bleu, ne peut avoir sur la rougeur des astres qu'une médiocre influence; car il a été démontré par Mayer, qu'en mêlant ces trois couleurs entr'elles dans diverses proportions, on obtenait toutes les autres couleurs.

Il ne reste donc que le spectre du troisième rayon qui, étant composé de rouge vif, de jaune pâle et de bleu pâle, soit de nature à faire prédominer le rouge.

L'effet qu'il produit à cet égard est peu sensible lorsque les autres spectres sont transmis en même temps que lui; mais à mesure que la diaphanéité des vapeurs diminue, les spectres sont interceptés dans l'ordre de leur moindre vitesse, qui est aussi l'ordre de leur moindre déviation; le spectre rougeâtre du troisième rayon étant celui de tous qui, par l'effet de la prédominance du rouge, est doué de la plus grande rapidité, et qui, dans le cas particulier dont il s'agit, a été le plus accéléré de tous ceux que l'inflexion a déviés, doit dès lors être celui de

tous qui est intercepté le dernier. S'il est le seul des spectres transmis, l'astre paraîtra alors d'une couleur sanglante; la rougeur de l'astre sera moindre, quoique très-forte encore, si le spectre du second rayon diffracté est transmis en même temps que le spectre du troisième; et la rougeur de l'astre sera faible et tirant sur le jaune, si les vapeurs laissent passer à-la-fois les trois spectres.

M. Herschell, dans la vue de prouver l'insuffisance du système de Newton sur les lames colorées, a fait une expérience qui me paraît de nature à démontrer la vérité de l'explication que je viens de donner du phénomène de la coloration vaporeuse.

Il a placé dans une chambre obscure, un carton percé et derrière lequel se trouvait un miroir concave qui avait son foyer dans la direction et au-delà de ce trou par lequel passait un rayon. Il a ensuite répandu un nuage de poudre entre le miroir et le carton dont la partie postérieure a aussitôt été couverte d'une infinité d'anneaux colorés. (Je suppose, quoiqu'il ne l'ait pas dit, que dans l'ensemble de ces anneaux mobiles et superposés, le rouge était la couleur dominante.)

Tous ces anneaux colorés sont le résultat de la projection des spectres colorés, produits par la diffraction de la lumière qui traversait les bords, les pointes et les arrêtes des atomes de la poudre : spectres qui ont dû nécessairement être déviés d'après les mêmes lois qui produisent la déviation des trois spectres occasionnés par la rencontre du cheveu, dans l'expérience décrite au commencement du chapitre précédent.

Si l'on suppose un spectateur placé dans l'ensemble de ces couleurs, et recevant en même-temps quelques

faibles rayons blancs, sa position sera la même que celle d'un voyageur qui regarderait le soleil à travers des tourbillons de poussière et qui le verrait coloré de la couleur dominante dans l'ensemble des spectres qui colorent alors l'air et la poussière.

Résumé sur les causes et les effets de la déviation de la lumière.

338. La matière gravite vers la matière.

La lumière doit donc être attirée par les corps, et ses rayons doivent obéir à cette attraction d'une manière très-sensible pour nos organes, lorsqu'elle s'exerce à de petites distances.

La courbe que la lumière décrit, avant de pénétrer dans les corps, doit conserver le nom général d'*inflexion* que l'on a mal-à-propos confondu avec la *diffraction*, dénomination qui ne convient qu'au phénomène qui produit des spectres dans lesquels l'ordre naturel des couleurs est renversé.

L'inflexion a lieu sans que la lumière pénètre dans les corps, lorsque celui dont elle s'approche, présente une pointe, une arrête, ou le bord d'un cylindre; mais il faut pour cela que, lorsque la lumière a franchi la saillie qui l'avait attirée, sa nouvelle direction ne la conduise pas sur la partie de la surface du même corps qui se trouve de l'autre côté de la saillie. D'où il résulte que la déviation des rayons sera peu sensible toutes les fois que l'angle du cône ou du prisme sera trop obtus, ou toutes les fois que le cylindre aura un trop grand diamètre.

Une pointe quelque aigue qu'elle puisse être, une arrête quelque vif que soit son tranchant, un bord de cylindre quelque petit que soit le diamètre de ce cylindre, sont, par rapport à la lumière, de véritables plans sur lesquels elle doit tomber; et comme ces plans sont toujours diaphanes jusqu'à une certaine profondeur, la lumière qu'ils reçoivent doit nécessairement pénétrer au-delà de leur surface et décrire, sous cette surface, une courbe qui a pour élémens, indépendamment de la parabole d'inflexion qui précède toujours l'incidence du rayon, la résistance inégale du calorique et l'attraction inégale des molécules intégrantes du corps à travers lequel la lumière circule.

Si, dans ce cas, le rayon qui est entré, soit par le plan que lui présente le bord, soit par un plan situé un peu au-delà du bord, peut sortir de l'intérieur du prisme, du cône ou du cylindre, il en sortira par un plan plus incliné que le premier; et l'attraction exercée par ce second plan détournera le rayon plus que ne l'avait fait le premier, mais toujours dans le même sens que le premier.

Or, il est constant que dans toute déviation, quelle qu'en soit la cause, le rayon blanc se décompose et produit des couleurs plus ou moins visibles, parmi lesquelles le rouge se distingue comme le moins dévié, et le violet comme le plus dévié; on peut donc dès lors faire abstraction des couleurs intermédiaires, et ne considérer que le violet et le rouge.

Dans la supposition d'une inflexion qui déchire un rayon blanc et qui en fait tomber les couleurs sur la pointe d'un cône, ou sur le bord d'un très-petit cylindre, le violet plongeant davantage que le rouge, et se relevant

par la prolongation de la courbe qui l'avait conduit à sa plus grande profondeur, est moins incliné dans son émergence, que ne l'est le rouge; et lorsque la cause d'une plus grande déviation résultante d'une plus grande inclinaison, l'emporte sur la cause d'une moindre déviation résultante d'une moindre réfrangibilité, les deux couleurs se croisent et produisent le spectre de la diffraction, dans lequel le rouge se trouve être plus dévié de sa route primitive que ne l'est le violet.

Le croisement des couleurs est une condition nécessaire, pour que leur ordre naturel soit renversé; mais leur croisement ne produit pas toujours leur renversement.

Lorsqu'un rayon tombe perpendiculairement sur la surface d'un prisme de cristal, il n'éprouve qu'une seule déviation produite par l'obliquité de la surface d'émergence; et si ce rayon dévié est reçu sur un carton vertical, il produit un spectre coloré où toutes les couleurs sont distinctes, et dans leur ordre naturel.

Mais si le rayon, au lieu de tomber perpendiculairement sur la première surface, est incliné, il éprouvera deux déviations, l'une d'incidence et l'autre d'émergence, et conséquemment deux causes de coloration.

Si ces deux causes concourent à écarter les couleurs dans le même sens, le spectre plus étendu présentera des couleurs plus distinctes.

Si le rayon incident est incliné en sens contraire, son obliquité nuira à la pureté du spectre, les couleurs seront plus rapprochées et moins distinctes; mais, dans ce dernier cas, l'ordre des couleurs ne sera point interverti; et ce serait vainement que l'on augmenterait l'obliquité d'incidence, le spectre aura toujours le rouge

pour base, et le violet pour sommet. Or, il est évident que cet effet ne peut avoir lieu sans que les couleurs se croisent; car bien certainement, d'après la nature de l'incidence, il existait dans l'intérieur du prisme un spectre invisible, dont le rouge, comme le moins dévié des rayons colorans, occupait la partie supérieure, et dont le violet, comme le plus dévié, occupait la partie inférieure; et la déviation d'émergence, plus forte que la déviation d'incidence, n'a changé cet ordre que parce que le violet, plus attiré que le rouge par la surface inférieure du prisme, s'est rapproché davantage de cette surface. (Voyez les figures.)

Lorsqu'un milieu réfringent présente à la lumière transmise une surface d'émergence parallèle à la surface d'incidence, la lumière réfractée ne produit point de couleurs.

Dans ce cas, l'incidence oblique sépare les couleurs, mais l'émergence les rapproche; et comme le parallélisme des surfaces leur donne une puissance égale en sens contraire, les couleurs reprennent leur parallélisme, et la blancheur du rayon émergent se trouve être la même que celle du rayon incident.

Lorsque la lumière est réfléchie par un milieu dont la surface est plane, le rayon réfléchi est blanc, parce que la puissance attractive qui s'exerce après l'émergence et qui rapproche les couleurs, est absolument semblable à celle qui s'exerce avant l'émergence et qui les écarte; et parce que d'ailleurs les portions de courbe qui conduisent chaque couleur depuis le point d'incidence jusqu'à la profondeur qu'elle doit atteindre, sont parfaitement sem-

blables aux portions de courbe qui la ramènent vers la surface d'émergence.

Le rayon réfléchi est également blanc, lorsque la surface du milieu réfléchissant est cylindrique ou sphérique, parce que, dans ce cas, le rapport de la direction des couleurs émergentes avec la surface d'émergence, se trouve précisément le même que le rapport de la direction des couleurs incidentes avec la surface d'incidence, et que, dès lors, les paraboles ascendantes qui rapprochent les couleurs, sont semblables aux paraboles descendantes qui les ont séparées.

Dans ces différens cas, j'ai supposé avec les géomètres, que l'angle de réflexion était égal à l'angle d'incidence; mais cette égalité n'existe dans la nature qu'approximativement; car le sommet de la courbe que décrit la lumière dans l'intérieur des corps réfléchissans n'est jamais au point où il devrait se trouver si, en décrivant cette courbe, la lumière n'obéissait qu'à la loi d'une attraction uniformément exercée à travers un calorique, dont la résistance serait toujours proportionnelle au degré de pression sous lequel il se trouve.

La lumière, ainsi que je l'ai prouvé dans le chapitre de la *double réfraction*, ne traverse jamais les corps sans perdre une certaine quantité de sa vitesse; et comme la résistance des milieux est toujours proportionnelle au degré de vitesse des mobiles, le calorique résiste plus à la lumière entrante qu'à la lumière sortante.

D'un autre côté, l'attraction moléculaire qui augmente à mesure que la vitesse de la lumière diminue, altère en sens contraire la courbe de réflexion; et comme ces deux causes opposées, qui toutes deux sont variables, ne se

compensent jamais parfaitement, et que dans les incidences d'une obliquité suffisante, la première l'emporte toujours, il en résulte que dans les incidences obliques, l'angle que font entr'eux le rayon incident et le rayon réfléchi est toujours un peu plus aigu qu'il ne devrait l'être si la lumière obéissait aux lois que les géomètres lui ont prescrites.

Cette différence augmente avec l'obliquité de l'incidence, parce que plus le rayon devient oblique et plus il se trouve d'inégalité entre la résistance du calorique dans la direction vers la profondeur, et sa résistance dans la direction vers la surface. L'accroissement de l'acuité de l'angle devient surtout sensible quand le corps réfléchissant a la forme cylindrique ou sphérique, parce que dans ce cas la plus légère augmentation dans la courbure de la ligne qui précède la réflexion, diminue sensiblement l'obliquité de la surface d'émergence.

Si vous exposez aux rayons du soleil une carafe cylindrique pleine d'eau, après avoir éteint, à l'aide de deux volets à demi-fermés, la lumière surabondante, le spectre produit par cette carafe se trouve composé d'un foyer brillant, coloré sur ses bords et renfermé dans un espace obscur au-delà duquel on distingue la lumière réfléchie: lumière qui s'écarte de l'ombre de la carafe, et qui est remarquable par sa blancheur uniforme et par une courbe hyperboloïdale qui la sépare de l'ombre extérieure.

J'appelle particulièrement l'attention du lecteur sur l'explication que je vais donner de cette expérience qui peut être considérée comme la clef de tous les phénomènes lumineux.

Les rayons qui tombent perpendiculairement sur la

carafe, la traversent en ligne droite et forment une série d'axes superposés vers lesquels viennent converger les rayons latéraux qui tombent sur des surfaces obliques.

Tous ces rayons décrivent dans l'intérieur de la carafe une courbe qui d'abord les rapproche des axes, et qui les en éloigne ensuite, de manière à ce que le point de la surface par lequel ils émergent se trouve toujours un peu plus éloigné des axes que le point de la surface sur lequel ils tombent.

Plus le point d'incidence est éloigné des axes, plus les rayons se courbent en traversant l'intérieur de la carafe, et plus aussi la différence d'éloignement augmente entre le point d'incidence et le point d'émergence.

Mais, lorsque le point d'incidence se trouve lui-même très-éloigné des axes, le point d'émergence en devient tellement éloigné, et l'obliquité du plan d'émergence est tellement diminuée, que le rayon sortant ne peut plus être ramené vers le plan des axes : il devient alors le premier des divergens, et il se forme un très-grand angle obscur entre lui et le dernier des convergens.

Cet angle obscur qui paraît entièrement privé de lumière, ne l'est pas cependant ; car il existe une série de rayons invisibles qui réunit le faisceau des rayons convergens au faisceau des rayons divergens ; et la preuve de l'existence de ces rayons invisibles se tire de la régularité avec laquelle l'obscurité croît depuis le bord du foyer jusqu'au milieu de l'ombre, et décroît depuis le milieu de l'ombre jusqu'à la courbe qui la sépare des rayons divergens.

Il existe également sur les axes d'un cylindre, ou sur l'axe unique d'une sphère, des millions de foyers invisibles; et ce qu'on appelle foyer n'est autre chose que la partie de l'axe sur laquelle les foyers sont le plus rapprochés. L'axe véritable n'est composé que d'un seul fil de lumière. Le fil le plus voisin de l'axe ne lui est point parallèle, mais il ne l'atteint qu'à une distance infinie. Ce fil est suivi d'un second qui converge à une distance un peu moindre, et ainsi de suite. Le rapprochement des points de convergence suit une progression croissante jusqu'à un *maximum* qui est le centre du foyer apparent. Les points de convergence remontent ensuite en suivant dans leur éloignement une progression croissante jusqu'à celui de tous les foyers qui est le plus rapproché du milieu réfringent. Là, commence une progression incomparablement plus rapide qui fait passer la lumière de la plus grande convergence possible au parallélisme, et qui fait succéder au parallélisme la divergence qui ne devient apparente que lorsque les rayons divergens forment un faisceau par leur rapprochement. Les plus élevés des convergens qui forment les bords du spectre avaient été fortement colorés, parce que leurs couleurs déjà très-séparées à cause de l'obliquité de l'incidence, avaient été séparées de nouveau et dans le même sens par la force attractive qui les avait ramenées vers l'axe; au lieu que tous les divergens se trouvent sensiblement blancs, parce que la puissance à laquelle ils obéissent infléchit les couleurs en sens inverse de leur première inflexion et avec une puissance à-peu-près égale.

La série des rayons divergens a lieu jusqu'à ce que les rayons incidens parviennent aux bords du cylindre : épo-

que à laquelle les rayons diffractés succèdent aux rayons divergens comme les divergens avaient succédé aux convergens, c'est-à-dire, que la lumière parvenue par une progression décroissante jusqu'à la ligne de plus grande divergence, rétrograde rapidement jusqu'au parallèlisme qui est détruit par la diffraction.

Les spectres des rayons diffractés ne seront visibles qu'autant que le diamètre du cylindre sera très-petit, parce que, dans le cas contraire, les rayons diffractés, retenus par la surface du cylindre, tourneront invisiblement autour de cette surface. Mais si le cylindre se trouve réduit à un diamètre d'une petitesse suffisante, les rayons diffractés pourront continuer leur route; et, dans ce cas, ils produiront des spectres dans lesquels l'ordre des couleurs sera renversé.

Les couleurs que nous apercevons lorsque nous regardons le soleil à travers un épais feuillage, nous sont réfléchies par l'air à travers lequel se projettent les spectres produits par la diffraction qui alors est occasionnée par les sommités et les arrêtes des feuilles.

339. La réflexion ne produit point de spectres semblables à ceux de la réfraction ou de la diffraction. La lumière est blanche lorsque la totalité des couleurs est réfléchie, et elle se colore si quelques-unes des couleurs sont plus absorbées que les autres. Mais comme la nature agit toujours par de douces transitions, la lumière réfléchie forme quelquefois un éventail prismatique, caractérisé par le très-grand écartement des couleurs; et l'œil en reçoit successivement les impressions en changeant de position. Les

plumes de quelques oiseaux et l'huile étendue sur l'eau produisent cet effet.

Des illusions optiques.

340. Le nombre des illusions optiques est tellement considérable, que je serais tenté de croire qu'elles sont entrées dans le plan de la création comme un moyen propre à perfectionner le jugement de l'homme en lui donnant un exercice perpétuel : les problèmes qu'elles présentent sont quelquefois très-difficiles à résoudre.

J'ai déjà parlé de l'espèce particulière d'illusion qui nous fait voir des couleurs et des formes imaginaires lorsque notre organe a été blessé par une lumière trop vive ou fatigué par une attention trop soutenue.

Quelquefois une percussion violente produit sur le nerf optique une sensation analogue à celle que produirait une vive lumière.

Il arrive d'autres fois que quelques parties de ce nerf épanoui dans la rétine, cessent momentanément de remplir leurs fonctions, et nous voyons autant de points noirs qu'il y a de points dans la rétine qui ne transmettent pas la sensation de la lumière.

Nous avons les yeux fermés, et une fièvre cérébrale nous importune en nous donnant la sensation d'une lumière imaginaire ; nous ouvrons les yeux, et la vérité se mêlant alors au mensonge, convertit en fantômes les corps sur lesquels nous fixons nos regards.

Les sensations optiques que nous éprouvons pendant la veille, se reproduisent pendant le sommeil. Ces illusions, images de celles de la vie, ajoutent quelques instans à la courte durée de notre existence ; mais quelquefois l'état de sommeil se confond avec l'état de veille : l'homme a les yeux ouverts, il marche, évite les obstacles, et donne, dans le même moment, des signes de folie et de sagacité.

Nous ne voyons pas les corps, nous n'en voyons que les images; et ces images fugitives, tracées sur la toile de l'œil, ne nous apprennent pas quelle est la grandeur des corps qui produisent ces images et la distance qui les sépare de nous.

Ce n'est qu'après une longue suite de tâtonnemens et d'erreurs que l'homme adulte parvient enfin à porter un jugement raisonnable sur les modifications des êtres qui lui envoient la lumière; mais la science qu'il acquiert à cet égard, peu différente de celle qu'ont acquise les animaux adultes, se borne à des objets usuels et ne s'étend pas beaucoup au-delà de ce qui est indispensable à sa conservation.

Des erreurs sur les distances et les grandeurs.

341. Le même objet, vu à une distance double, produit une image dont la grandeur n'a que la moitié de la première; et si la distance est quadruple, l'image est quatre fois plus petite. Mais lorsque la grandeur de l'objet nous est connue, nous rectifions avec une telle promptitude

l'erreur produite par la vision, qu'il nous semble voir les objets avec leur grandeur réelle.

La même chose nous arrive en voyant un objet inconnu, lorsque nous avons une connaissance parfaite de l'espace qui nous sépare de cet objet, parce que cet espace est une échelle qui nous a servi si souvent à mesurer la grandeur des objets connus, qu'elle ne peut nous tromper lorsque nous nous en servons pour mesurer des objets d'une grandeur inconnue.

Le temps qui s'écoule entre la sensation erronée et le jugement qui la rectifie, est tellement court, qu'il nous est impossible de l'apprécier; et ces deux opérations devenant pour nous comme simultanées, nous les confondons, et nous voyons les objets, non tels que nous les voyons, mais tels que nous les jugeons.

Si j'aperçois à une distance qui m'est inconnue, un objet inconnu, je verrai cet objet sous son véritable angle optique, parce que je ne porterai alors aucun jugement. Mais si, après avoir régardé l'objet avec plus d'attention, je reconnais, par exemple, que c'est un homme, l'angle sous lequel je l'avais aperçu d'abord me sert d'échelle pour évaluer la distance; mais ce qu'il y a de plus extraordinaire, c'est que si je le revois le lendemain, je le verrai, en apparence, sous un plus grand angle que la veille: il se fait alors, à mon insçu, entre la sensation et le jugement, une espèce de transaction au moyen de laquelle je ne vois l'objet, ni sous son véritable angle optique, ni sous sa véritable grandeur, mais sous un angle imaginaire plus grand que l'un et plus petit que l'autre.

J'aperçois sur une plaine rase un objet que je crois

être un buisson ; j'approche de cet objet, et je m'aperçois que la plaine est coupée par une large vallée, et que l'objet que j'avais pris pour un buisson est un grand arbre. Si je retourne alors à la place où j'étais d'abord, je ne commetrai plus la même erreur ; ma sensation sera cependant la même ; mais ma mémoire démentira ma sensation, et l'arbre me paraîtra plus grand que l'objet que j'avais pris pour un buisson.

L'habitude que nous avons de parcourir la surface de la terre en a fait une échelle qui nous sert à mesurer avec assez de précision l'éloignement auquel se trouvent les corps, et à apprécier leur grandeur d'après leur éloignement.

Dans cette opération, nous recevons une sensation et nous portons deux jugemens. Mais cette triple opération nous est devenue tellement familière, que nous l'exécutons avec la plus grande promptitude, et, dans ce cas encore, nous ne voyons l'objet, ni sous son véritable angle optique ni même sous un angle proportionnel à la grandeur que nous lui attribuons ; mais sous un angle imaginaire : angle qui ne produit aucune erreur, parce que le jugement qui a pour base la mémoire, accompagne et rectifie la sensation.

Cette échelle horizontale dont l'usage nous est familier et dont nous avons éprouvé tant de fois l'exactitude approximative, est devenue la cause d'une erreur que nous n'avons pas le pouvoir de corriger par l'expérience et qui dès lors serait éternelle si l'homme ne savait pas que sa raison, qui le trompe aussi quelquefois, le trompe beaucoup plus rarement que ses sens.

De la grandeur apparente des astres à l'horizon.

342. Le soleil et la lune nous paraissent plus grands lorsqu'ils sont près de l'horizon que lorsqu'ils en sont éloignés; nous sommes certains qu'ils ne grandissent point et que c'est un effet d'optique; il faut donc en rechercher la cause.

Les rayons de lumière qui tombent obliquement sur la sphère atmosphérique de la terre, éprouvent une réfraction qui nous fait voir les astres un peu plus élevés au-dessus de l'horizon qu'ils ne le sont en effet Ce déplacement des astres, dont les astronomes ont grand soin de tenir compte dans leurs observations, est de 32 minutes à l'horizon; il diminue graduellement à mesure que les astres s'approchent du zénith où il est absolument nul, parce qu'alors la lumière que les astres nous envoyent, tombant sur un plan perpendiculaire à sa direction, ne doit éprouver aucune réfraction.

Mais l'expérience nous a appris que la réfraction déplaçait les objets et ne les grossissait pas. La réfraction n'est donc pas la cause de l'illusion optique qui nous fait voir les astres plus gros qu'ils ne sont.

Cette illusion est analogue à une autre illusion qui a la même cause.

Quel que soit le lieu de la terre que nous habitions, la voûte céleste nous paraît surbaissée, et la raison nous apprend que cette forme est une illusion; car si elle était une réalité, elle ne serait pas la même partout. Il est évi-

dent, en effet, que si Paris était placé sous une portion de la voûte céleste qui serait réellement surbaissée, les peuples qui voient le soleil au méridien lorsque Paris le voit au levant ou au couchant, se trouveraient sous une portion de la voûte céleste, qui serait plus éloignée d'eux au zénith, et qui en serait plus rapprochée à l'horison.

J'observe la grande Ourse au zénith, ses étoiles sont très-rapprochées; je la revois à l'horizon, et ses étoiles sont très-écartées.

La cause de ces illusions est l'habitude où nous sommes de prendre la surface de la terre pour mesure des distances.

Cette mesure est suffisamment exacte pour tous les objets qui ne s'écartent pas de la surface de la terre; mais elle est fautive pour ceux qui s'en écartent.

Lorsque nous levons les yeux et que nous voyons à une distance immense le soleil et la lune, nous les voyons sous un angle optique quelconque, et la lune nous paraît à-peu-près aussi grande que le soleil; c'est une erreur de fait, mais ce n'est pas une erreur d'optique; car les angles sous lesquels nous voyons ces deux astres, sont proportionnels à-la-fois et à leur grandeur réelle, et à leur distance réelle.

Il en est de même lorsqu'un nuage nous cache la lune. Ce nuage est beaucoup plus petit que la lune; mais comme il est plus près de nous, l'angle optique sous lequel il est vu, doit être plus grand que celui sous lequel nous voyons la lune.

Les objets voisins du zénith sont vus sous leur angle optique véritable, parce qu'il n'existe pas d'échelle

que c'est la faute de l'œil qui, par l'effet de ses transactions accoutumées avec le jugement, croit voir les objets éloignés et dont la grandeur primitive lui est connue, sous un angle optique plus grand que celui sous lequel il les voit en effet.

L'habitude que nous avons contractée dans notre première enfance, de ne voir dans le disque de la lune qu'un nuage lumineux qui n'est pas beaucoup plus éloigné de nous que les autres nuages, est cause que nous considérons encore la lune qui s'approche de l'horizon, comme un nuage qui s'éloigne de nous. Nous mesurons donc sur la surface de la terre ou sur celle de la mer, le chemin qu'elle fait. Elle devrait, d'après la loi commune de tous les corps qui parcourent la surface de la terre, paraître plus petite à mesure qu'elle s'éloigne, et nous la verrions alors sous un très-petit angle mais moins petit en effet que l'angle réel, parce que telle est notre manière de voir les corps qui s'éloignent; mais comme la lune est vue sous le même angle optique à l'horizon qu'au zénith, la grandeur que nous ajoutons à cet angle par l'effet de l'habitude d'aggrandir les angles optiques, nous fait voir la lune plus grosse à l'horizon que nous ne la voyons lorsqu'elle est au zénith.

Ce qui est vrai pour la lune qui occupe dans le ciel un certain espace, est vrai pour un espace quelconque du ciel dont nous aurons mesuré la grandeur à une époque où un nuage entraîné par le vent passait près du zénith.

Cet espace du ciel que je supposerai, par exemple, d'un diamètre quadruple de celui que paraît avoir le nuage au zénith, ne voyage pas avec le nuage; mais à mesure que le nuage s'avance vers l'horizon, l'œil le considère

toujours comme entouré de ce même espace du ciel, dont le diamètre est quadruple du diamètre du nuage; et comme l'œil croit voir le nuage à l'horizon sous un angle optique plus grand qu'il ne le voit en effet, il commet la même erreur en croyant voir sous un angle plus grand le même espace quadruple du ciel qui faisait partie de la sensation primitive : la même chose aurait eu lieu, si au lieu de fixer son attention sur un espace quadruple, l'œil l'avait fixée sur un espace quinze ou vingt fois plus grand.

La vision erronée du nuage à l'horizon, doit donc toujours produire en même temps la vision erronée du ciel à l'horizon; et puisque, par l'effet de cette opération du jugement dont nous avons contracté l'invincible habitude, le diamètre d'un espace donné du ciel grandit à l'horizon, les étoiles que cet espace renferment doivent paraître plus écartées les unes des autres qu'elles ne l'étaient lorsqu'elles occupaient au zénith le même espace du ciel.

Il est aisé au surplus de se procurer la preuve que dans ce cas c'est l'œil qui, par égard pour la décision du jugement, se dissimule à lui-même la vérité de la sensation qu'il éprouve; et il ne s'agit pour cela que d'isoler l'objet que nous voyons dans le ciel près de l'horizon.

Pratiquez sur une carte un trou d'aiguille assez petit pour que l'œil ne puisse voir que la lune elle-même sans voir en même temps la voûte surbaissée à laquelle elle paraît adhérente, et la lune alors vous paraîtra sous son véritable angle optique; c'est-à-dire, d'un diamètre égal à celui qu'elle présente lorsqu'elle est au zénith : expérience de laquelle on peut conclure que l'œil, rapporteur infaillible des vérités d'optique, ne nous trompe jamais,

et que ce qui nous trompe est un jugement rapide qui accompagne toujours la sensation et que l'habitude nous a rendus tellement familier, que nous le confondons avec la sensation elle-même.

Mais comme ce jugement, quelque rapide qu'il soit, est toujours fondé sur la mémoire des objets, ou sur la mémoire de leur échelle naturelle, c'est-à-dire, de l'étendue horizontale de la surface de la terre, qui nous est rappelée par la courbure imaginaire du ciel, il suffit, pour détruire l'influence du jugement sur la sensation, de supprimer la cause de ce jugement, en dérobant à l'œil la vue de tous les objets propres à réveiller dans la mémoire l'idée de la distance apparente.

Les physiciens expliquent autrement ce phénomène. M. Libes dans son *Traité de physique*, n°. 1363, dit : » que le soleil nous paraît plus gros à l'horizon qu'au zénith, parce que le soleil brille à l'horizon d'une clarté moins vive qu'au zénith ; que nous le jugeons d'abord plus éloigné, et que comme il se trouve réellement à la même distance, nous jugeons qu'il a plus de volume. »

Mais si cette explication était vraie, il en résulterait que lorsque le soleil ou la lune sont vus à travers des brouillards, on devrait les juger plus éloignés, et les voir plus gros ; ce qui est contraire à l'observation.

L'expérience de la carte percée est d'ailleurs inconciliable avec ce système, car bien certainement la quantité de lumière produite par l'astre n'est pas plus grande lorsqu'on le regarde à travers un petit trou, que lorsqu'on le regarde à l'œil nu. Si ce petit trou avait, par une cause quelconque, le pouvoir de diminuer le diamètre apparent des astres, il produirait le même effet sur les astres vus

au zénith que sur ceux qui sont vus à l'horizon; mais comme il ne diminue leur diamètre que dans ce dernier cas, il devient évident que l'effet produit par la carte percée est dû uniquement à ce qu'elle ôte à l'œil tout objet de distraction et de comparaison, et qu'elle le force en quelque sorte à rendre hommage à la vérité.

Du rayonnement.

348. Les corps, lorsqu'ils sont très-lumineux, sont entourés de rayons, soit blancs, soit colorés, qui se prolongent à une distance plus ou moins grande.

Ces rayons ne sont point une illusion causée par un faux jugement; ils sont le résultat de l'aberration d'une portion de la lumière qui produit en nous la sensation de la vision.

Les rayons qui passent trop près des bords de la pupille, s'infléchissent vers ces bords, et ne suivent pas la marche des autres rayons.

L'iris est un corps opaque, et comme tous les corps opaques, elle est diaphane jusqu'à une certaine épaisseur; une partie de la lumière infléchie qui traverse la couche diaphane du tranchant de l'iris, éprouve une diffraction colorante, et s'écarte encore davantage de la marche régulière des rayons efficaces.

Telle est la principale cause du rayonnement des corps lumineux : cause constante, et dont les effets sont plus ou moins sensibles, suivant que la lumière est plus ou moins abondante.

Mais indépendamment de cette cause constante de colo-

ration, il en est de variables et d'accidentelles qui tiennent à l'imperfection de l'organe.

La matière huileuse produite par les glandes lacrymales, et qui sert à lubréfier le globe de l'œil et à faciliter le mouvement des paupières, doit être traversée par la lumière avant qu'elle puisse atteindre la cornée transparente, et lui fait subir un commencement de réfraction, dont l'effet est insensible si la couche d'huile est très-mince, mais qui devient sensible lorsque cette couche s'épaissit; car la déviation peut devenir alors assez forte pour colorer une portion de lumière.

Lorsque vous regardez de près un corps enflammé, son rayonnement est peu sensible, parce que l'abondance de la lumière efficace produit en vous une sensation trop vive pour vous permettre d'être attentif à une sensation plus faible; mais à mesure que le corps lumineux s'éloigne, le rayonnement devient sensible et augmente jusqu'à un certain degré, passé lequel il diminue; et si ce corps est trop éloigné ou trop peu lumineux, la quantité des rayons infléchis ou diffractés qui produisent le rayonnement, devient trop peu considérable, et le rayonnement disparaît.

On peut augmenter à volonté le rayonnement d'un corps lumineux placé à une même distance; il suffit pour cela de baisser un peu la paupière, parce que ce mouvement ramènera une partie de l'humeur des larmes dans la direction de la pupille.

Plus la paupière s'abaissera, plus les rayons du rayonnement seront allongés, multipliés et colorés.

La coloration sera à son plus haut degré si l'on tient l'œil presque entièrement fermé, parce que, dans ce cas,

le phénomène se trouvera augmenté de tous les spectres que produira la lumière en se diffractant à travers les cils.

Vous pouvez encore vous procurer le spectacle d'un rayonnement très-coloré, en introduisant une goutte d'eau dans votre œil.

La distance à laquelle les rayons paraissent s'étendre autour du corps lumineux, est proportionnelle au degré de déviation qu'éprouvent les petits fils de lumière qui frappent alors la rétine. L'œil suit, à leur égard, la même loi que pour la vision ordinaire, et il rapporte toujours le spectre à l'extrémité de la tangente de la portion de la courbe lumineuse la plus voisine de la rétine.

La séparation des rayons entr'eux et leur forme divergente, sont une conséquence de la même loi. La cavité de l'œil sur laquelle s'étend la rétine étant sphérique, et le trou de la pupille très-petit, les filets lumineux infléchis par la rencontre des bords de ce trou, forment sur la rétine un cercle dont l'obliquité de la rétine rend la divergence plus sensible, et les filets les plus obliques sont ceux qui déterminent le lieu de l'espace où seront vues les extrémités du rayonnement.

Le rayonnement a souvent lieu en même temps que la scintillation ~~l'auréole, phénomène dont j'ai expliqué la cause, et en même temps que la scintillation, phénomène qui a aussi sa cause particulière.~~

De la scintillation.

344. La lumière d'une lampe à courant d'air, observée de près, nous paraît calme, et ne donne des signes d'agi-

tation que vers son sommet; mais si nous nous en éloignons à la distance de 40 à 50 pas, la flamme nous paraît être dans un mouvement de fluctuation qui a lieu dans toutes les directions.

Ce mouvement est quelquefois vif et irrégulier; quelquefois aussi il se rallentit, se régularise, et nous présente le spectacle d'une étoile à plusieurs pointes, dont la forme est à-peu-près semblable à celle des étoiles en peinture.

Les étoiles du ciel ne ressemblent pas à ces étoiles factices, du moins dans nos climats; car leur scintillation, et surtout celle de quelques unes d'entr'elles, est d'une vivacité que l'œil peut à peine supporter.

La lune n'a point de scintillation : celle des planètes est très-peu sensible; mais elle le devient davantage lorsqu'elles sont voisines de l'horizon. Il m'est arrivé une seule fois de voir Vénus avec six pointes bien distinctes; et je suppose que c'est d'après elle, qu'on aura donné aux étoiles découpées leur forme vulgaire.

Le phénomène de la scintillation est dû au passage de la lumière à travers un air qui n'a qu'une diaphanéité médiocre. Dans certains climats, où l'air est habituellement dans un grand état de pureté, on ne voit pas les étoiles scintiller, et dans tous les pays de la terre, les étoiles élevées de plus de vingt degrés au-dessus de l'horizon cessent de scintiller, lorsque celui qui les observe est placé sur une haute montagne.

Il ne s'agit donc plus que d'expliquer pourquoi les étoiles sont vues scintillantes à travers un air d'une diaphanéité médiocre.

La scintillation n'est autre chose que le changement des points de l'espace auxquels nous rapportons successivement chacun des points d'un corps lumineux.

Il est très-vrai que lorsqu'un point lumineux envoie à notre œil un cône de lumière très-allongé dont la base s'appuie sur l'ouverture de notre pupille et qui se convertit en un petit cône renversé et opposé au premier, nous rapportons cet objet à un point de l'espace qui est dans la direction de l'axe commun des deux cônes si ces deux axes forment une ligne droite, et que, s'ils forment une ligne courbe, nous rapportons le point lumineux à l'extrémité d'une ligne droite qui est tangente à la partie de cette courbe la plus voisine de notre rétine; mais il faut bien observer que ce dernier cas est toujours le cas véritable, et qu'il est physiquement impossible que l'axe d'un cône lumineux suive une ligne droite.

Si entre mon œil et le point lumineux, tous deux immobiles, il se trouve un milieu diaphane immobile, tel qu'une lame de cristal, la courbe décrite par la ligne formant les deux axes des deux cônes lumineux opposés restant toujours la même, la tangente qui déterminera la place où je verrai ce point lumineux, restera la même, et il me paraîtra toujours à la même place.

Si la lame de cristal, au lieu d'être immobile, éprouvait un mouvement rapide et continu, la courbe de la ligne des axes cesserait d'être la même; la tangente serait dès lors variable; le point lumineux paraîtrait successivement à différentes places plus ou moins voisines; et il résulterait de ce mouvement apparent un commencement de scintillation.

Mais si, au lieu de considérer un seul point, je considère

La chose arrive ainsi, parce que la pureté de l'air qui le rend plus diaphane ne peut compenser l'effet de l'augmentation de sa puissance réfringente, qui est due à un plus grand rapprochement de ses molécules solides. Chaque étoile envoye alors à notre œil un plus grand nombre de rayons; mais chacun des rayons qu'elle envoye, éprouvant une déviation plus forte, la mobilité des atmosphéroïdes doit déplacer d'une manière plus sensible les points lumineux dont se compose le spectre de l'étoile.

La scintillation des étoiles n'est pas due seulement à la diversité des directions que reçoivent les rayons qu'elles nous envoyent; elle est due aussi à la mobilité réelle des points lumineux d'où partent ces mêmes rayons. Il est reconnu par les astronomes, que lorsque nous regardons une étoile à la vue simple, ce n'est pas l'étoile elle même qui nous éclaire, mais son atmosphère; or, cette atmosphère étant dans un état perpétuel d'agitation, ses diverses parties doivent dès lors produire alternativement plus ou moins de clarté; et c'est à cette seconde cause que j'attribue sur-tout la scintillation des étoiles au zénith: chacune des deux causes séparées eût été trop faible, et c'est parce qu'elles concourent au même effet, que leur réunion rend cet effet sensible; mais il cesse de l'être lorsque nous regardons ces étoiles à travers un air plus diaphane ou moins réfringent, ou lorsqu'à l'aide du télescope nous concentrons une assez grande quantité de rayons directs émanés de l'étoile elle-même, pour éteindre la lumière moins vive que réfléchit son atmosphère. (Voyez ci-après le chapitre de la *voye lactée.*)

Les planètes dont le disque d'un diamètre déterminé nous réfléchit la lumière du soleil, ne doivent scintiller

que lorsqu'elles nous renvoient des rayons obliques à travers une couche d'air très-réfringente. Leur scintillation moins vive que celle des étoiles se manifeste par l'ovalisation de leur disque, tantôt dans une direction et tantôt dans un autre. Les ovalisations successives étant très-rapides, l'œil en voit plusieurs dans un même temps, et il nous arrive quelquefois, dans ce cas, de compter cinq ou six pointes autour du disque de la planète.

La scintillation n'est donc autre chose que l'effet du déplacement rapide, soit apparent, soit réel, des points dont se compose un corps lumineux : déplacement qui est produit par le changement que le mouvement des molécules d'un corps demi-transparent opère dans la direction des cônes par lesquels les points lumineux sont vus.

Si les étoiles scintillent davantage à l'horizon qu'au zénith, c'est parce que la couche d'air demi-diaphane et réfringente qui produit le phénomène, est toujours plus épaisse dans la direction vers l'horizon, que dans la direction vers le zénith.

De l'ombre et des pénombres.

345. L'ombre absolue serait une privation totale de lumière.

Il n'y a point dans la nature d'ombre absolue.

L'ombre n'est donc autre chose qu'une moindre lumière.

Un corps donne un certain degré de clarté. Si les corps voisins sont plus éclairés, il sera dans l'ombre ; si les corps voisins le sont moins, ce sera lui qui sera le corps éclairé.

Pour que l'ombre soit visible, il faut qu'elle tombe sur un corps visible ; car si elle se propageait, par exemple, dans l'air, elle y serait invisible dans les cas ordinaires, par la même raison que la clarté qui se propage à travers l'air est elle-même invisible.

Plus un corps est propre à réfléchir la lumière, plus il est propre à manifester l'ombre ; car, dans ce cas, la différence de la quantité de lumière réfléchie par les diverses parties de la surface de ce corps, sera plus sensible. L'ombre doit donc être invisible lorsqu'elle est projetée sur un corps noir.

Si je place un corps opaque entre un papier blanc et la flamme d'une bougie, ce corps produira une ombre distincte, et d'autant plus distincte que la bougie sera plus rapprochée du corps ; car, à mesure que la bougie sera plus éloignée, le papier recevra moins de clarté, et la différence de la partie ombrée à la partie éclairée deviendra moins sensible.

Si, dans ce cas, au lieu d'une bougie, il y en a deux qui soient sur le même plan et écartées l'une de l'autre, le corps produira deux ombres ; mais comme chacune des deux ombres recevra dans ce cas la clarté de l'une des bougies, elles seront beaucoup moins obscures, et on leur donnera alors le nom de pénombres.

Lorsque le corps placé entre la bougie et le papier, a un diamètre plus petit que celui de la flamme, il pourra alors ne produire que des pénombres sans ombre, ce qui aura lieu s'il est très-rapproché de la flamme, ou une ombre avec des pénombres, ce qui aura lieu s'il est très-rapproché du papier. Le lieu où se trouvera l'ombre dans ce dernier cas, sera celui où la clarté entière sera inter-

ceptée; et le lieu où se trouveront les pénombres, sera celui où le petit corps ne masquera qu'une partie de la clarté.

Une autre cause contribue encore à diminuer la noirceur des ombres dans le cas où le corps lumineux s'éloigne ; c'est la réflexion de la lumière produite par d'autres corps qui la projètent, tant sur la partie ombrée que sur la partie éclairée.

L'ombre des corps éclairés par le soleil n'est jamais très-noire, parce que son diamètre sensible est cause qu'il y a toujours sur les bords de l'ombre, des parties qui se trouvent, tout-à-la-fois, privées de la lumière qui vient d'un des côtés du disque solaire, et éclairées par la lumière qui vient du côté opposé.

On a remarqué que le matin, surtout quand l'air est très-pur, les ombres étaient bleuâtres.

Cette couleur est produite par le ciel qui réfléchit des rayons bleus sur toute la terre : rayons dont la couleur se distingue beaucoup plus facilement sur la couleur brune ou grisâtre des corps ombrés, que sur les corps qui reçoivent directement la lumière du soleil.

L'ombre ne suppose pas toujours l'interposition d'un corps opaque entre le corps éclairant et le corps sur lequel l'ombre est portée. Il suffit, pour qu'il y ait une ombre produite, qu'une cause quelconque détourne les rayons de leur route ordinaire.

Une lentille de cristal, quoique très-diaphane, produit une ombre très-prononcée ; et cette ombre se trouve à la place où seraient tombés les rayons, s'ils n'avaient pas été détournés vers le foyer, par le pouvoir réfringent de la lentille.

Par la même raison, l'air lui-même qui quelquefois

produit un effet analogue à celui des lentilles, comme on le verra dans les trois chapitres de la lumière zodiacale, de l'aurore boréale et de la queue des comètes, ne réfracte jamais les rayons du soleil, sans qu'il en résulte une ombre plus ou moins sensible.

On a vu (336) que dans l'ombre produite par un cheveu sur lequel on faisait tomber un rayon solaire dans la chambre noire, il n'y avait qu'une partie de l'ombre qui fût causée par l'interposition du cheveu, et que le surplus était le résultat de la privation de la lumière qui aurait dû border l'ombre du cheveu si la diffraction et l'inflexion ne l'avaient pas projetée à quelque distance et du côté opposé.

De l'arc-en-ciel.

346. Si dans un appartement éclairé à l'une de ses extrémités par une seule bougie placée à une hauteur convenable, on suspend un globe de verre très-mince et rempli d'eau, disposé de manière à pouvoir être élevé jusqu'au plafond, et que vous soyiez assis entre la bougie et ce globe qu'on élevera peu-à-peu, il arrivera un moment où vous apercevrez, dans sa partie inférieure, un point violet. A mesure que le globe s'élevera, le violet sera remplacé par le pourpre, le pourpre par le bleu, celui-ci par le vert, et ainsi de suite jusqu'au rouge qui sera la dernière des couleurs.

Mais si l'on continue toujours d'élever le globe, vous apercevrez vers sa partie supérieure un point rouge qui se changera en orangé, puis en jaune, et ainsi de suite

jusqu'au violet : dans cette seconde apparition, les couleurs seront plus faibles que dans la première.

La hauteur à laquelle les diverses couleurs paraîtront, est invariable, et on peut la déterminer d'avance par un angle dont l'œil du spectateur est le sommet, et dont les deux côtés sont la ligne dirigée de l'œil à la couleur et la ligne formant le prolongement de celle qui part de la flamme de la bougie et qui passe par l'œil du spectateur.

Ces divers angles sont à-peu-près, pour le premier violet, de 40° 17' ; pour le premier rouge, de 42° 2' ; pour le second rouge, de 50° 57' et pour le second violet, de 54° 7'.

Si, au lieu d'élever le globe verticalement, on l'élève diagonalement, le même phénomène aura lieu, et il aura toujours lieu sous les mêmes angles. Il ne s'agirait donc plus dès lors que d'avoir un nombre suffisant de petits globes contigus, pour former dans un appartement un double arc-en-ciel parfaitement semblable à celui que l'on voit lorsque le soleil brille à l'une des extrémités du ciel, et qu'il existe à l'autre extrémité une multitude infinie de gouttes d'eau qui se succèdent sans interruption, et présentent toujours l'une d'entr'elles sous l'angle convenable à la manifestation de l'une des couleurs.

Newton a expliqué ce phénomène, en supposant que les couleurs du premier arc étaient produites par des rayons qui s'introduisaient par la partie supérieure de la goutte sphérique et qui subissaient deux réfractions et une réflexion ; et que les couleurs du second arc étaient produites par des rayons qui s'introduisaient dans la goutte par sa partie inférieure et qui subissaient trois réfractions et deux réflexions. Je n'ai rien à ajouter à l'explication de

Newton, si ce n'est qu'il faut bien se garder de croire qu'il y ait la plus légère ressemblance entre la marche de la lumière et les lignes géométriques qui la représentent dans les planches d'optique.

Le plan sur lequel est tombé le rayon, étant oblique à son incidence, a déterminé sa chute parabolique ; il est entré dans l'intérieur de la goutte en se dirigeant vers le centre, parce qu'il était plus fortement attiré dans cette direction que dans toute autre.

Ce rayon étant un projectile et devant dès lors persévérer dans le mouvement impulsif qu'il avait reçu, a dû décrire une diagonale entre les deux puissances qui le sollicitaient ; mais à chaque petite diagonale qu'il décrivait, les élémens de son mouvement se trouvaient changés. Plus il s'enfonçait vers le centre de la goutte, et moins ce centre l'attirait ; car l'attraction du centre était graduellement diminuée par l'attraction en sens inverse qu'exerçaient les molécules d'eau supérieures, dont le nombre et la puissance augmentaient à mesure que le rayon pénétrait dans l'intérieur de la goutte ; et ce même rayon, en circulant entre les molécules de l'eau, traversait leur calorique intermédiaire dont la résistance, proportionnelle à son degré de pression, était plus grande dans la direction vers le centre de la goutte, que dans la direction vers sa surface.

Le rayon a donc dû obéir d'abord à l'attraction de la surface qui augmentait en raison du rapprochement, ensuite à l'attraction intérieure qui diminuait à mesure que le rayon approchait du centre, et enfin à la loi de la moindre résistance qui tendait toujours à ramener le rayon vers la surface et à le faire sortir de la goutte.

Mais il n'en est pas plutôt sorti, qu'une partie des fils qui le composaient est forcée d'y rentrer, parce que la direction de leur ligne d'émergence s'est trouvée trop oblique au plan de la surface d'émergence, pour qu'il leur fût permis de s'échapper.

Ces fils, dont chacun dans ce cas devient un nouveau rayon, sont dès lors forcés de décrire en dehors de la goutte une parabole entière qui les ramène dans l'intérieur de cette goutte, où ils décrivent une nouvelle courbe semblable à celle qu'avait décrite le rayon primitif.

Cette courbe les conduit une seconde fois hors de la goutte; une partie d'entr'eux s'échappe encore, et le surplus qui rentre dans la goutte pour la troisième fois, y décrit une troisième courbe; et ainsi de suite: de manière que si l'on supposait la lumière divisible à l'infini, le nombre de ces courbes serait lui-même infini.

D'après ce que j'ai dit sur la cause de la coloration, l'on conçoit que les déchirures qui s'opèrent dans le voisinage de la surface de la goutte, doivent produire des couleurs, et que ces couleurs qui s'échappent dans toutes les directions doivent se manifester dans un ordre régulier, à cause de la figure régulière (1) de la goutte.

---

(1) Cette régularité n'est qu'approximative. Toutes les prétendues sphères ne sont que des sphéroïdes; et parmi les sphéroïdes que forment les gouttes d'eau d'un nuage, il n'en est pas un seul qui soit semblable à l'autre. La mesure des angles sous lesquels se présentent les diverses couleurs ne peut être dès lors qu'une mesure plus ou moins inexacte.

Les couleurs que produit le *petit arc*, c'est-à-dire, l'arc intérieur, et qui, d'après l'angle déterminé, doivent entrer dans la pupille du spectateur, décrivent dans l'intérieur de la goutte deux courbes, et à l'extérieur deux demi-paraboles et une parabole entière; mais les couleurs du *grand arc* qui décrivent trois courbes dans l'intérieur de la goutte, décrivent à l'extérieur deux demi-paraboles et deux paraboles entières. Il n'est donc pas étonnant qu'il y ait plus de lumière perdue dans le second cas que dans le premier.

Il arrive quelquefois, lorsque le côté du ciel où tombe la pluie est très obscur, que l'on aperçoit *trois arcs* : on a même prétendu en avoir aperçu *quatre*.

Le troisième arc ne doit donner ses couleurs qu'après avoir décrit quatre courbes dans l'intérieur de la goutte, et cinq courbes à l'extérieur; et pour que le quatrième arc puisse être aperçu, il faut que le résidu de la lumière soit encore sensible après cinq courbes intérieures, et six courbes extérieures. (Voyez sous le p. 470)

Si l'on se trouve entre le soleil et un grand jet d'eau dont la sommité soit dispersée par le vent, on aperçoit un fragment d'arc-en-ciel.

Lorsque pendant une tempête, les cimes des vagues sont déchirées par les vents, le brouillard qui en résulte donne lieu au même phénomène, que les marins désignent sous le nom d'*arc-en-mer*.

Les couleurs de la lumière se peignent également sous la forme d'un arc, lorsque le spectateur se trouve placé sur le sommet d'une colline entre le soleil et une prairie couverte de goutes de rosée. Ce phénomène est connu sous le nom d'*arc-en-terre*.

Quelquefois l'arc-en-ciel est produit non pas par le soleil lui-même, mais par son image que l'eau d'un lac réfléchit. L'arc-en-ciel est alors un arc ~~de second ordre, et quoiqu'il paraisse seul, l'ordre des couleurs y est~~ renversé.

On a donné à ces diverses manifestations des couleurs de la lumière, le nom général d'*arc*, parce qu'une portion du cercle est ordinairement interceptée par le globe de la terre. Je dis ordinairement; car il est arrivé quelquefois à des spectateurs placés sur le sommet d'une montagne, d'apercevoir le cercle entier.

La lumière de la lune peut aussi produire un *arc-en-ciel*, ou un *cercle-en-ciel*. Mais comme la lumière de la lune est très-rare, *l'arc-en-ciel lunaire* ne présente qu'une faible coloration.

De tous les phénomènes de ce genre, le plus extraordinaire est celui qui a été observé par Dom d'Ulloa, l'un des mathématiciens qui, avec Bouguer et la Condamine, mesurèrent au Pérou un arc du méridien. Dom d'Ulloa parcourait alors les différens pics de la Cordelière, auxquels les naturels du pays donnent le nom de *paramos*. Je vais copier son récit qui se trouve dans *l'histoire générale des voyages*, tome 12, page 207.

» Un matin, au point du jour, le soleil venant de dissiper un nuage fort épais dont toute cette montagne était enveloppée, et ne laissant que de légères vapeurs que la vue ne pouvait discerner, nous aperçûmes, du côté opposé au soleil, à neuf ou dix toises de nous, une espèce de miroir où la figure de chacun de nous était représentée et dont l'extrémité supérieure était entourée de trois arcs-en-ciel; ils avaient tous trois un

même centre, et les couleurs extérieures de l'un touchaient aux couleurs intérieures du suivant. Hors des trois, on en voyait un quatrième, mais de couleur blanchâtre. Tous les quatre étaient perpendiculaires à l'horizon. Nous étions six à sept personnes ensemble; lorsqu'un de nous allait d'un côté ou de l'autre, le phénomène le suivait sans se déranger, c'est-à-dire, exactement et dans la même disposition; et ce qui surprit encore plus, chacun le voyait pour soi et ne l'apercevait pas pour les autres. La grandeur du diamètre des arcs variait successivement à mesure que le soleil s'élevait sur l'horizon. En même temps les couleurs disparaissaient, et l'image de chaque corps diminuant par degrés, le phénomène ne fut pas long-temps à s'évanouir. Le diamètre de l'arc intérieur, pris à sa dernière couleur, était d'abord d'environ 5 degrès et $\frac{1}{2}$, et celui de l'arc blanchâtre séparé des autres, de 67 degrés. Lorsque le phénomène avait commencé, les arcs avaient paru de figure elliptique comme le disque du soleil; ensuite et peu-à-peu ils devinrent parfaitement circulaires. Chaque petit arc représentait les couleurs du prisme dans leur ordre naturel, et la couleur extérieure de tous les arcs était le rouge ».

Je suppose que le nuage qui occasionna ce phénomène était composé de molécules d'eau d'un très-petit diamètre et très-voisines les unes des autres; que, comme tous les nuages de ce genre, il était demi-transparent, mais que son peu d'épaisseur rendait son opacité peu sensible. Dilaté par les premiers rayons du soleil, il s'élevait lentement et perpendiculairement. Le calme qui régnait alors lui avait permis de conserver sa forme naturelle, c'est-

à-dire, celle d'un sphéroïde très-allongé peu différent d'un cylindre et perpendiculaire à l'horizon.

Les mathématiciens campés sur le sommet de la montagne se trouvaient entre le soleil levant et le rideau vaporeux qui, d'après leur rapport, n'était séparé d'eux que par un espace de neuf à dix toises.

Ce rideau devait transmettre beaucoup de lumière et n'en réfléchir qu'une petite quantité; mais sa grande proximité suffisait pour rendre sensible les rayons réfléchis; et comme sa surface était régulière et que dès lors la réflexion de la lumière devait s'opérer d'une manière régulière, chaque spectateur se trouvant placé parallèlement à l'axe du cylindre, a dû y voir son image sans déformation; et il a dû continuer de la voir, même en se déplaçant, parce que dans toutes les positions possibles, il avait devant lui un plan réfléchissant et sensiblement parallèle, dont il recevait les rayons.

Chacun des sept spectateurs voyait son image et ne voyait pas celle de son voisin, parce que les sept miroirs coupés sur le même cylindre, appartenaient à sept plans différens.

Le grand cercle blanc était le produit d'une simple réflexion; et si la grandeur de ce cercle s'est trouvée de 67 degrés, c'est que, d'après le degré de force attractive des molécules et le degré de pression du calorique de leurs atmosphéroïdes, cet angle s'est trouvé le plus favorable de tous pour réfléchir la lumière avec plus d'abondance vers le point de l'espace où se trouvaient les observateurs.

Les trois arcs colorés ont suivi, à certains égards, les lois générales.

Ils étaient d'abord elliptiques, parce que les lois de la réfraction atmosphérique donnent toujours la forme elliptique au disque du soleil, lorsqu'il est près de l'horizon.

Ils ont repris la forme circulaire lorsque le disque du soleil, en s'élevant, a repris lui-même la forme circulaire.

Comme les arcs-en-ciel ordinaires, ils avaient pour centre le point où tombait le prolongement de la ligne tirée du centre du soleil et passant par l'œil de l'observateur.

Comme les autres arcs-en-ciel, ils se déplaçaient en même temps que le spectateur.

Mais ils en différaient par leur rapprochement entr'eux, qui faisait tomber les couleurs inférieures de l'un sur les couleurs supérieures de l'autre, par l'uniformité de l'ordre dans lequel les couleurs des différens arcs étaient placés, et par les angles sous lesquels les couleurs étaient vues.

On ne peut expliquer l'uniformité de l'ordre que conservaient les couleurs et la proximité des arcs entr'eux, en supposant que les trois arcs étaient sur trois plans différens, et qu'ainsi les mathématiciens voyaient en même temps trois arcs du premier ordre dans lequel le rouge est toujours la couleur supérieure. La loi de Newton qui fixe à 42 ° 2 ' l'angle sous lequel l'eau doit manifester le cercle rouge du premier ordre, repousse cette hypothèse : car, à quelques distances que les plans des trois arcs fussent placés, les trois cercles rouges auraient dû, suivant cette loi, se masquer les uns les autres et n'en former qu'un seul.

Il est donc physiquement impossible que le phénomène des trois arcs ait été produit, soit par l'eau, soit

par toute autre matière homogène ; et puisqu'il n'est pas permis de douter de la vérité d'un fait attesté par sept personnes dignes de foi, et que ce fait prouve que la lumière était alors réfléchie par trois substances douées d'un pouvoir réfringent inégal, il ne s'agit plus que de rechercher quelles étaient ces trois substances.

J'ai prouvé (67) dans le chapitre des aérolithes, qu'il existait dans la haute région deux gaz principaux, savoir : l'hydrogène diversement combiné, et le gaz siliceux : gaz inconnu dans les laboratoires ; mais dont l'existence est aussi clairement démontrée à la raison que celle de la lumière l'est aux yeux.

On connaît le pouvoir réfringent de l'eau ; on connaît aussi celui de l'hydrogène, qui est six fois plus considérable que celui de l'air ; et il y a plus de cent à parier contre un, que le pouvoir réfringent du gaz siliceux n'est pas précisément le même que celui de l'hydrogène ou que celui de l'eau.

Si donc les lois de la statique ne s'opposent pas à la possibilité de la formation d'un nuage composé d'un mélange de gaz siliceux, d'hydrogène et d'eau, le phénomène décrit par dom d'Ulloa rentre dans la classe des phénomènes ordinaires.

Or, ce mélange n'est pas seulement possible ; il est très-vraisemblable.

C'est surtout sous la zône torride que s'élèvent de la terre l'hydrogène et les gaz qui habitent avec lui la haute région.

Les montagnes de la Cordelière sont les plus hautes de la terre, et la ligne des neiges permanentes y est située à 8 ou 900 toises au-dessous de leurs sommets.

L'hydrogène refroidi pendant la nuit doit donc y couler le long des pentes neigeuses, et descendre dans les hautes vallées jusqu'à ce que les premiers rayons du soleil lui rendent sa légèreté. Il s'éleve alors avec les brouillards aqueux et les autres gaz avec lesquels il est mélangé ; et le nuage qui en résulte, participant à la viscosité de l'hydrogène, doit être plus constant dans sa forme que les nuages ordinaires.

Dom d'Ulloa et sa suite qui étaient campés sur les confins de la ligne de neige, à une hauteur où le mercure ne se soutenait qu'à seize pouces, ont donc pu voir un nuage de cette nature.

Le passage suivant lève, à cet égard, tous les doutes :

» Les phénomènes sont si fréquens sur la plupart des paramos, qu'ils causent autant d'effroi que de surprise à ceux qui n'y portent pas l'œil philosophique.

» L'air de cette atmosphère et les *exhalaisons* du terroir paraissent plus propres que dans aucun autre lieu, à changer en *flammes* les *vapeurs* qui s'y élèvent : aussi ces phénomènes y sont-ils *plus communs, plus grands et plus durables qu'ailleurs.*

» Un de ces feux, singulier par sa grandeur, parut à Quito, pendant le séjour des mathématiciens en cette ville. Sur les neuf heures du soir, il s'éleva vers le mont Pichincha un *globe de feu* si grand et si lumineux, qu'il éclaira toute la partie de la ville qui est du même côté. Les contrevents les mieux fermés n'empêchaient pas la lumière de pénétrer par les moindres fentes, etc. (*Histoire générale des voyages*, tome 12, page 240.)

J'ai prouvé que tous les phénomènes de ce genre, si rares dans nos climats et si ordinaires dans les mon-

tagnes du Pérou, étaient dus à la régénération des matières dissoutes dans l'hydrogène et dans le gaz siliceux.

Les nuages silico-hydrogènes devaient donc être très-communs dans la région de l'air où se trouvait Dom d'Ulloa.

Quant à leur propriété de réfléchir la lumière, elle est également prouvée par le récit des mathématiciens.

» On remarque souvent dans les mêmes montagnes, dit le même auteur, des arcs formés par la clarté de la lune; ils ne sont pas composés d'autres couleurs que le blanc, et la plupart se forment à la croupe de quelques montagnes, (c'est-à-dire, à une hauteur où il doit se trouver bien rarement des vapeurs aqueuses et sur-tout pendant la nuit.) Dom d'Ulloa en vit un qui était composé de trois arcs concentriques. Le diamètre de celui du milieu était de 60°, et l'épaisseur de la couleur blanche occupait un espace de cinq degrés. (*Histoire des voyages*, ibid.)

Les nuages silico-hydrogènes ne produisent point de semblables effets pendant le jour, parce qu'alors, ils sont trop élevés et trop raréfiés, et la fraîcheur des nuits qui les condensent peut seule les ramener sur les croupes et les pentes des montagnes environnantes.

Des couronnes ou halos, ~~et des aurèoles.~~

347. On donne le nom de *halo* ou *couronne* à un ou plusieurs anneaux lumineux dont le soleil ou la lune sont quelquefois entourés, et qui ont toujours pour centre le centre de ces astres.

Vénus, Jupiter et même Syrius ont aussi, de temps en temps, une couronne ou une auréole ; mais ils n'ont jamais deux couronnes.

Les couronnes du soleil sont souvent et plus fortement colorées que celles de la lune ; leur grandeur est indéfinie. Les couronnes de la lune n'excèdent jamais 90 degrés ; celles de Vénus, de Jupiter et de Syrius sont tout au plus de cinq degrés.

La grandeur des couronnes est très-variable, et lorsqu'il s'en présente plusieurs à-la-fois, il n'existe entre leurs divers diamètres aucune proportion constante.

Elles sont quelquefois blanches, quelquefois colorées.

Celles qui sont colorées ne présentent le plus souvent qu'un jaune rougeâtre.

On distingue quelquefois dans les couronnes deux, trois ou quatre couleurs, et rarement un plus grand nombre.

Les couleurs sont toujours dans leur ordre naturel; mais leur échelle est quelquefois renversée, et le rouge qui, le plus souvent est en dedans du cercle, s'est trouvé quelquefois en dehors.

Lorsqu'il paraît plusieurs couronnes à-la-fois, l'ordre des couleurs est le même dans toutes, mais les plus fortement colorées sont toujours les plus intérieures.

L'explication de toutes ces singularités n'a rien d'embarrassant dans mon système.

La lumière accidentelle qui cause le phénomène des couronnes ne peut parvenir à notre œil que par réflexion, par réfraction ou par diffraction.

Les rayons réfractés ou diffractés sont toujours plus ou moins colorans ; mais les rayons réfléchis par des corps

qui n'ont aucune coloration spéciale, sont toujours ou presque toujours des rayons blancs.

La blancheur des nuages de la haute région nous prouve que l'eau régénérée, lorsqu'elle est en très-petites gouttes, réfléchit la lumière blanche.

Le crépuscule nous prouve que lorsque l'air est pur, il réfléchit le blanc; et il y a lieu de croire qu'il en est de même de tous les gaz qui réfléchissent dans tous les temps plus ou moins de lumière, mais qui, dans certains cas, peuvent en réfléchir une quantité extraordinaire.

Lorsque le phénomène des couronnes se manifeste, la diaphanéité de l'air est diminuée par un léger brouillard qui, quelle qu'en soit la nature, jouit de la propriété de réfléchir la lumière blanche; car dans cette circonstance, le ciel paraît toujours blanchâtre.

Le brouillard, composé de molécules entourées de leurs atmosphéroïdes, réfléchit, dans toutes les directions, la lumière dont le soleil l'inonde; mais tous les angles ne sont pas également favorables à la réflexion. Si la différence, à cet égard, est très-considérable, elle pourra devenir sensible, et les molécules, vues sous un certain angle, paraîtront alors plus brillantes que les autres. Il en sera de même, mais avec quelque diminution de clarté, des molécules vues sous un angle voisin, jusqu'à ce qu'enfin la différence de clarté devienne tout-à-fait insensible.

On devra donc voir, dans ce cas, une bande lumineuse d'une certaine largeur et plus brillante au centre que vers les bords. Cette bande sera toujours circulaire, et le centre de l'astre sera toujours le centre du cercle; car toutes les molécules, vues sous le même angle, doi-

vent avoir le même degré de clarté ; et si, au lieu de voir le cercle entier, on n'en voyait qu'un segment, c'est que, dans ce cas, le brouillard ne serait que partiel.

Le soleil, qui nous paraît sur le même plan que la couronne ou les couronnes dont il est entouré, est plusieurs millions de fois plus éloigné du brouillard que le brouillard ne l'est de l'observateur. Tous les rayons qui éclairent les molécules du brouillard sont donc sensiblement parallèles, tant entr'eux qu'avec la ligne tirée de l'œil de l'observateur au centre du soleil. Mais les molécules éclairées qui produisent le phénomène sont à une distance inconnue ; et cette distance qui varie depuis cent toises jusqu'à huit ou dix mille toises, présente une multitude d'angles plus ou moins obtus et plus ou moins propres à favoriser la réflexion prédominante, suivant que les atmosphéroïdes des molécules et les molécules elles-mêmes auront un diamètre plus ou moins grand, et suivant que le calorique se trouvera plus ou moins pressé dans ces atmosphéroïdes et dans la porosité des molécules.

Il est donc impossible de déterminer *à priori* le diamètre que doit avoir une couronne blanche produite par la réflexion.

Il en est de même de la largeur de la zone du ciel occupée par la couronne : largeur qui dépend entièrement de la propriété plus ou moins réfléchissante dont les vapeurs sont douées.

Les couronnes colorées dans lesquelles le rouge est en dehors, sont produites par la réfraction ; et ce phénomène est assez rare, parce qu'il ne peut avoir lieu que dans le cas où les gouttes de brouillard ont un diamètre

aussi grand que celui des gouttes propres à produire le phénomène de l'arc-en-ciel.

Les rayons parallèles qui éclairent la moitié supérieure de cette goutte, la traversent et convergent sur l'axe où ils forment un petit spectre coloré sur ses bords. Les rayons colorans, après s'être croisés, continuent leur route et forment autour de l'axe, des cercles concentriques qui s'écartent graduellement jusqu'à l'infini. Le plus extérieur de ces cercles colorés est celui qui parvient le premier à l'œil du spectateur, et ce cercle est toujours le cercle violet, parce que les angles opposés au sommet sont égaux, et que le violet (1) est la plus réfrangible des couleurs, et celle de toutes qui forme avec l'axe l'angle le plus obtus.

Par la raison contraire, le rouge qui forme avec l'axe l'angle le moins obtus, est la dernière des couleurs qui soit aperçue par le spectateur.

La couronne qui résultera de l'ensemble des rayons colorans produits par la réfraction, devra donc manifester le rouge en dehors.

Les couronnes colorées qui manifestent le rouge en dedans sont produites par la diffraction. Une molécule de brouillard, quelque petit que soit son diamètre, force toujours les rayons perpendiculaires qui la traversent, à converger sur l'axe et à y former un foyer dont les bords sont colorés; mais si la goutte est trop petite, les couleurs réfractées sont tellement rares qu'elles deviennent insen-

(1) Si le violet est trop rare pour produire une sensation dominante, ce sera le pourpre qui sera aperçu le premier. A défaut du pourpre, ce sera le bleu, et ainsi de suite.

sibles pour le spectateur. Les spectres circulaires de la diffraction deviennent alors les seuls dominans, et leurs couleurs plus fortes, éteignant des couleurs plus faibles (1), déterminent seules l'ordre apparent des couleurs dont la couronne se compose.

D'après ce que j'ai dit au chapitre de la diffraction, il me suffira de rappeler ici que les rayons perpendiculaires qui passent très-près de l'équateur de la goutte, sont infléchis et tombent sur cet équateur ou un peu au-dessous; que, dans l'un ou l'autre cas, la différence des courbes que les couleurs décrivent dans l'intérieur de la goutte, est cause que le rayon rouge, après son émergence, se trouve plus dévié que le rayon violet, et qu'enfin le croisement des couleurs est cause que dans les cercles colorés et concentriques qui résultent de l'ensemble des diffractions, le cercle rouge se trouve toujours en dehors.

La première des couleurs aperçues par le spectateur, se trouve donc être, dans ce cas, la couleur rouge qui se trouve renforcée par tous les cercles rouges que produisent les molécules diffractantes qui suivent la première en s'écartant de l'astre; et comme l'œil ne distingue les autres couleurs que lorsqu'il ne reçoit plus de rouge, la seconde couleur qui fixera son attention par sa prédo-

---

(1) La raison qui fait prédominer en ce cas les rayons diffractés sur les rayons réfractés, c'est que le nombre des premiers est proportionnel aux surfaces, tandis que le nombre des seconds est proportionnel aux capacités, et que plus les gouttes sont petites, plus leur surface augmente comparativement à leur capacité.

minance, lui paraîtra former autour de l'astre un second cercle en dehors du cercle rouge.

J'ai expliqué la raison pour laquelle les couleurs produites par la diffraction se trouvaient presque toujours altérées ou incomplètes, et pourquoi les couleurs les mieux conservées et les plus dominantes étaient en premier lieu le rouge et en second lieu le jaune; et il est à remarquer que ce sont précisément ces deux couleurs qui, dans les couronnes dont le rouge borde l'intérieur, sont les plus apparentes.

Lorsqu'il existe plusieurs couronnes à-la-fois, l'ordre des couleurs est le même dans chaque couronne, parce que les rayons blancs tombent toujours sur l'hémisphère supérieur de la goutte, et qu'il ne peut jamais arriver, comme dans le phénomène de l'arc-en-ciel, qu'ils s'introduisent tantôt par l'hémisphère supérieur et tantôt par l'hémisphère inférieur.

Si donc les molécules du brouillard sont assez grosses pour rendre dominant l'effet de la réfraction, le rouge sera en dehors dans toutes les couronnes simultanées, et le contraire aura lieu, si la petitesse des molécules rend la diffraction prédominante.

Les couronnes sont blanches non-seulement lorsqu'elles sont composées de lumière réfléchie, mais encore lorsque les spectres colorés par la réfraction et la diffraction, sont mélangés de manière à ce qu'il y ait confusion entr'eux sans aucune prédominance.

Lorsqu'il se trouve à-la-fois plusieurs couronnes colorées, celles qui sont le plus fortement colorées sont toujours les plus intérieures, parce que, dans ce cas, les cercles colorans qui parviennent à l'œil ont un moindre

diamètre que celui des cercles colorans qui proviennent des couronnes extérieures; et telle est la raison pour laquelle les couronnes, formées par la faible lumière de Vénus et de Jupiter, n'excèdent jamais quatre ou cinq degrés.

Il est facile d'imiter le phénomène des couronnes.

On aperçoit une auréole et souvent même une couronne autour de la flamme d'une bougie, lorsqu'on la regarde à travers la vapeur de l'eau bouillante ou à travers une glace ternie par l'humidité.

On obtient encore cet effet, en regardant la flamme à travers un tube dans l'intérieur duquel on a raréfié l'air jusqu'à un certain degré.

Dans les deux premiers cas, les couronnes étant produites par réfraction, le rouge doit être en dehors; mais dans le dernier cas, il doit se trouver en dedans. J'invite les physiciens à vérifier le fait, en leur soumettant la théorie sur laquelle je fonde cette présomption.

Lorsque la lumière est vue à travers un tube de verre plein d'air, il n'existe pas de coloration, parce que la puissance attractive des surfaces opposées produit sur le rayon qui les traverse des déviations qui se compensent: mais cette égalité cesse, lorsque l'air intérieur du tube est plus raréfié que l'air extérieur.

La surface convexe dévie d'abord le rayon, en lui donnant un degré de convergence qui est toujours plus fort pour le violet que pour le rouge; la surface concave dévie ce même rayon en sens contraire; mais la raréfaction de l'air intérieur est cause que l'action de la surface concave sur la lumière, est plus énergique: il y a

donc alors excès de divergence, et le violet doit, dans ce cas, croiser le rouge.

La rencontre de l'autre surface concave du tube augmente dans le même sens l'écartement des couleurs; la seconde surface convexe les rapproche ensuite; mais comme la puissance attractive de l'air extérieur, plus grande que celle de l'air intérieur, diminue le pouvoir attractif des deux surfaces convexes, le rayon émergent se trouve coloré, et le rouge, dans ce cas, doit se trouver dans l'intérieur de l'anneau prismatique.

On a remarqué que, dans cette expérience, la couronne ne se manifestait qu'à un certain degré de raréfaction au-delà duquel elle disparaissait; et cette disparition doit, en effet, avoir lieu, lorsque le pouvoir attractif des surfaces intérieures du tube est augmenté au point de disperser totalement les couleurs produites par les rayons obliques; car, dans ce cas, l'œil ne doit recevoir que les rayons perpendiculaires ou à-peu-près : rayons qui restent blancs, ou dont la coloration est insensible.

Des parélies et des parasélènes.

348. On appelle *parélie* l'apparition de plusieurs soleils, et *parasélène* l'apparition de plusieurs lunes.

Ce phénomène, rare dans nos climats, est assez fréquent dans les régions voisines du cercle polaire.

Lahire observa, à Paris, deux parélies en 1693; Maraldy en observa plusieurs en 1721. Les *Transactions philosophiques* renferment la description de plusieurs parélies observés en Angleterre par Gray et Halley.

Scheiner en a observé quatre à Rome. Hevelius vit à Dantzick, en 1661, le soleil accompagné de six images solaires. M. Patrin en a observé plusieurs en Sibérie ; l'un d'eux présentait deux images du soleil, chacune de ces images était terminée par un *cône lumineux dont la base était dirigée vers le soleil.*

Pline fait mention de trois lunes qui avaient été aperçues l'an 632 de la fondation de Rome. Eutrope et Cuspinien assurent qu'on avait vu trois lunes à Rimini 236 ans avant J. C. ; plusieurs phénomènes semblables sont cités dans le *Traité des parélies* de Gorcius. Cassini a observé, en France, un parasélène en 1693. Fouchy en a observé un autre en 1735, qui était accompagné de deux *cercles lumineux.*

Les parélies paraissent toujours *aussi grands que le soleil*, mais leur figure *n'est pas aussi également sphérique ;* l'éclat des parélies n'est *jamais aussi éblouissant que celui du soleil : leur contour extérieur présente les mêmes couleurs que l'arc-en-ciel.* Plusieurs parélies *se terminent par une queue* dont l'éclat est *moins vif* que celui du parélie lui-même.

Les parélies sont *souvent* accompagnés de *cercles* dont les uns sont *blancs*, tandis que les autres, qui se montrent *sous les couleurs de l'arc-en-ciel*, ont toujours *le rouge en-dedans.* Ces cercles diffèrent souvent par le nombre ; certains ont le soleil dans leur centre ; leur diamètre varie depuis 43° jusqu'à 90°.

Le plan de ces cercles est perpendiculaire à une ligne droite que l'on supposerait menée de l'œil du spectateur au centre du soleil, d'où il résulte que leur position diffère suivant la différente élévation du soleil au-dessus de

l'horizon. *Plus les couleurs de ces cercles sont vives, plus la clarté du soleil paraît faible.* On remarque encore d'autres *cercles parallèles à l'horizon;* l'un d'entr'eux, qui est ordinairement blanc et qui a, suivant Hevelius, un diamètre de 130°, renferme toutes les images du soleil : son centre est le zénith du spectateur.

Hevelius, Huyghens, Cassini, Muschembroëck et autres, ont *constamment observé qu'à l'époque de l'apparition des parélies, le ciel n'est jamais serein, et que de petits nuages, flottans de loin en loin dans l'atmosphère,* altèrent ordinairement sa transparence.

Les parélies se montrent *souvent pendant l'hiver, lorsque le vent du nord souffle.*

La durée de l'apparition des parélies est d'une, deux, trois ou même quatre heures.

Lorsque les parélies disparaissent, il tombe ordinairement de la pluie, et quelquefois *de la neige sous forme d'aiguilles.*

Toutes ces circonstances réunies par Muschembroeck, concourent à prouver, suivant M. Libes, « que les parélies sont formés par la réflexion des rayons du soleil sur un nuage qui lui est opposé d'une certaine manière. »

Cet intéressant phénomène me paraît mériter une explication moins vague et plus détaillée.

A l'époque où il se manifeste, l'air chargé de vapeurs glacées, et spécialement d'*aiguilles de neige*, a une opacité sensible; il intercepte une partie de la lumière du soleil dont l'éclat est alors affaibli; c'est une toile demi-transparente sur laquelle les objets peuvent être représentés.

Les *petits nuages flottans de loin en loin* dans l'atmos-

phère, ont une forme *sphérique* ou *sphéroïdale*; et, comme ils sont eux-mêmes composés d'*aiguilles de neige* très-rapprochées les unes des autres, on peut les considérer comme des sphères de cristal criblées de porosités et douées d'un *pouvoir réfringent* beaucoup plus considérable que celui des nuages ordinaires.

Les rayons du soleil qui traversent un ou plusieurs de ces nuages, doivent nécessairement converger vers un foyer qui sera plus ou moins éloigné, suivant que le nuage sera plus ou moins réfringent et que sa double convexité appartiendra à une plus petite ou à une plus grande sphère. A quelque distance que se trouve le *foyer*, il devra s'y former une *image du soleil*, *de même grandeur que le soleil*; et comme alors l'atmosphère se trouve dans un *état vaporeux* qui la rend propre à réfléchir la lumière, et que la lumière du vrai soleil est elle-même *très-affaiblie*, son image doit être vue. Mais, quelque *brillante* que soit cette image, elle le sera *toujours moins que le soleil*.

L'image sera presque toujours plus ou moins *irrégulière*, parce que la lentille qui la produit est plus ou moins irrégulière.

Dans les circonstances favorables à la réflexion de la lumière, l'image aura une *queue* divergente, parce que les rayons, après s'être croisés au foyer, doivent continuer leur route en divergeant, et devenir visibles si l'espace qu'ils traversent est propre à les réfléchir; mais la lumière de la queue sera *toujours moins vive que celle de l'image*, parce que les rayons de la queue sont nécessairement plus dispersés que les rayons rassemblés au foyer.

Lorsqu'au-dessus de l'image et dans la direction vers la lentille, il se trouve des vapeurs assez condensées pour réfléchir la lumière, on pourra apercevoir les rayons convergens dont la réunion a formé l'image; ces rayons paraîtront alors sous la forme d'un *cône dont la base est tournée vers le soleil.*

Mais, soit que l'on puisse apercevoir ou non les dépendances accessoires de l'*image*, on la verra *bordée d'un cercle coloré*, parce que toutes les lentilles, et surtout celles qui, au lieu d'être composées de deux petits segmens de sphère, sont composées de deux hémisphères entiers, sont des prismes qui colorent toujours très-fortement la circonférence des images formées à leurs foyers.

Les parasélènes ont la même cause que les parélies; les effets sont seulement beaucoup plus faibles, parce que la lumière de la lune est beaucoup plus faible que celle du soleil.

Il n'est pas étonnant que le phénomène des *couronnes* se mêle aux phénomènes des parélies et des parasélènes, car ces deux phénomènes ne peuvent avoir lieu que lorsque l'état vaporeux de l'atmosphère a porté au plus haut degré son pouvoir réfléchissant.

Les couronnes qui ont lieu pendant la durée des parélies étant de même nature que toutes les autres, je n'ai pas besoin d'expliquer de nouveau la cause pour laquelle la *couleur rouge* se trouve toujours *dans l'intérieur.*

Si, dans ce cas particulier, la totalité des couronnes n'a pas *constamment* le soleil pour centre, c'est que, dans ce cas particulier, chaque image peut devenir le centre d'une couronne.

Les observateurs n'ont pas dit que les couronnes ex-

centriques étaient moins brillantes que celles qui avaient le soleil pour centre ; mais ils n'ont pas dit le contraire, et j'ai droit de supposer que la chose est ainsi.

L'observation qui a été faite sur la *vivacité des couleurs*, qui était *d'autant plus grande que le soleil paraissait plus pâle*, n'a rien qui doive surprendre.

Les vapeurs sont d'autant plus propres à décomposer la lumière, qu'elles sont plus denses ; et plus elles sont denses, plus elles doivent contribuer à affaiblir la lumière du soleil.

On doit observer aussi que l'affaiblissement de la lumière du soleil n'est relative qu'à l'observateur ; que les rayons qui tombent sur la partie des vapeurs placée sous l'angle convenable à la réflexion et à la diffraction, ne traversent qu'une très-petite portion de l'atmosphère vaporeuse, et que, dès lors, l'affaiblissement apparent de la lumière du soleil, loin de pouvoir nuire à la vivacité des couleurs, doit, au contraire, les faire paraître plus brillantes.

Quant au grand cercle blanc qui paraît quelquefois à l'horizon et qui a pour centre le zénith de l'observateur, il ne doit se manifester que lorsque le sommet de la voûte céleste est inondé de lumière, et que les vapeurs sont assez accumulées à l'horison pour rendre cette partie du ciel plus dense et plus réfléchissante que les autres.

On prétend que l'ange dont la statue est placée à Rome sur le château St.-Ange, et le St.-Michel dont la statue est placée sur l'une des tours de la Cathédrale d'Amiens, ont été aperçus dans l'air, et qu'à mesure qu'ils s'éloignaient leur taille devenait gigantesque.

Ces deux apparitions, dont il est permis de douter, n'auraient rien de miraculeux, et seraient susceptibles de deux explications.

On peut croire qu'il s'est trouvé un nuage sphéroïdal et réfringent entre la statue et la vapeur demi-transparente sur laquelle l'image s'est dessinée.

Peut-être aussi a-t-il suffi d'un nuage percé d'un petit trou, dans l'intérieur duquel les rayons réfléchis par la statue, après s'être croisés, auraient formé un cône divergent qui a pu porter l'image sur un autre nuage.

Dans les deux cas, l'image a dû paraître renversée.

Si le vent a éloigné le second nuage du premier, l'image aura grandi, et se sera affaiblie en grandissant.

L'explication que je viens de donner du phénomène des parélies et des couronnes, est fondée sur la supposition que l'air de la moyenne région peut acquérir accidentellement une propriété réfléchissante beaucoup plus forte que celle dont il jouit dans son état ordinaire. Le même phénomène qui, dans les régions équatoriales, est dû à des nuages hydrogénés, est produit dans le nord par des nuages glacés, ou plutôt par l'air lui-même qui se glace en quelque sorte, lorsque le froid est assez vif pour précipiter et solidifier les dernières subdivisions des vapeurs aqueuses que ses atmosphéroïdes contiennent en dissolution.

Tel doit être l'état presque habituel de l'air des pôles pendant l'hiver. Les brouillards glacés des régions polaires sont quelquefois portés par les vents du nord dans des climats tempérés; mais ils ne peuvent y subsister que dans une région de l'air très-élevée, et lorsqu'ils s'ap-

prochent de la terre, ils se résolvent en pluie ou en neige. Muschembroëck qui observait les parélies dans le nord de l'Europe, a vu tomber alors ces aiguilles glacées que nous ne voyons jamais en France, mais qui sont un spectacle presque habituel pour les peuples septentrionaux pendant les rigueurs de leur hiver : spectacle qui est presque toujours alors accompagné de celui des parélies et des couronnes.

Voici, à cet égard, ce qu'on lit dans le récit du voyage fait en Sibérie en 1733 par Gmelin, de l'Isle de la Poyère, et Muller, tous trois membres de l'académie de Pétersbourg.

» Ce que les voyageurs avancent du froid qu'on ressent en Sibérie n'est point exageré, car, à la mi-décembre, il fut si violent que *l'air même paraissait gelé.* Le *brouillard* ne laissait pas monter la fumée des cheminées. Dans le jour, quelque court qu'il fût, il y avait *continuellement* des *parélies*, et dans la nuit des *parasélènes* et des *couronnes* autour de la lune ».

Ces brouillards polaires demi-opaques, réfringens et réfléchissans sont la cause des *aurores boréales.* L'explication de ce dernier phénomène, et celle de quelques autres phénomènes analogues, vont m'occuper uniquement.

Les esprits difficiles en fait de preuves ne sont peut-être pas encore bien convaincus de l'existence d'un fluide qui contient la matière en état de dissolution, dirige la course des astres, et jouit éminemment de la double propriété de transmettre et de réfléchir la lumière.

Je vais suivre pas à pas le fluide élémentaire, depuis

la surface de la terre, jusques dans les profondeurs où se cachent les nébuleuses; et je prends l'engagement de prouver, non par des raisonnemens, mais par des faits, qu'à toutes les hauteurs imaginables, ce fluide exerce, d'une manière sensible pour nous, le pouvoir de détourner la lumière de sa route, et d'en lancer des parcelles dans toutes les directions.

Mais, si l'on est forcé de reconnaître en lui cette propriété, il faudra bien reconnaître, à plus forte raison, que la résistance du calorique moins subtil, qui tient en dissolution les corps solides ou liquides qui nous environnent, combinée avec la puissance attractive de leurs molécules, est la seule cause de la réflexion de la lumière et de tous les phénomènes accessoires produits par les déviations de ce projectile.

Du crépuscule.

349. La plus ingénieuse des antiques allégories est sans contredit celle qui, personnifiant l'aurore, en a fait une douce déesse dont les doigts de rose ouvrent mystérieusement les portes du jour, et qui toujours inconsolable de la vieillesse prématurée de l'époux qu'elle vient de quitter, laisse tomber des pleurs qui rajeunissent la terre.

Mais quelque aimable que soit la fiction, elle est encore au-dessous de la vérité; le philosophe qui la recherche, et qui, après avoir observé les sombres beautés de la nuit, se préparait à analiser les gradations de la lumière, est forcé d'admirer ce qu'il voulait décrire. Égaré par son imagination, ou ravi par la sublimité de ses pen-

sées, il n'est plus que l'amant de l'aurore ou l'adorateur de Dieu.

L'opinion générale attribue les couleurs du crépuscule à la décomposition que la lumière éprouve dans son passage à travers les vapeurs de la basse région ; mais pourquoi, dans ce cas, les couleurs de l'aurore ne sont-elles jamais plus vives que lorsque le ciel est serein ? et pourquoi des vapeurs assez réfringentes pour colorer la lumière de la lune au moment où cet astre est voisin de l'horizon, seraient-elles privées du pouvoir de colorer les premiers rayons du crépuscule du matin, ou les derniers rayons du crépuscule du soir ?

J'ai considéré plusieurs fois la clarté qui précède ou qui suit l'apparition des couleurs crépusculaires ; je l'ai toujours vue calme, pure, blanche, telle, en un mot, que nous la recevons des astres qui la réfléchissent, lorsqu'ils sont près du zénith.

La lumière directe qui tombe sur la terre, et qui n'y tombe pas perpendiculairement, est toujours plus ou moins convergente; la réfraction est peu sensible jusqu'au 45.e degré ; mais elle augmente ensuite rapidement, et parvient enfin à produire à l'horizon un angle de 32 minutes, qui paraît être, dans les cas ordinaires, le *maximum* de la réfraction atmosphérique.

Mais, au-dessus de ces mêmes rayons convergens qui nous font voir les astres lorsqu'ils sont encore sous l'horizon, rayons dont la coloration est déjà sensible, il en existe d'autres qui sont plus obliques et conséquemment plus colorans ; et il doit, dès lors, se trouver un degré

d'obliquité où les couleurs plus écartées formeront l'éventail prismatique.

L'atmosphère de la terre doit donc être considérée comme un prisme perpétuel qui présente en tout temps, à quelques-uns des rayons du soleil, un plan d'incidence convenable au développement des couleurs.

La lumière du matin, après avoir parcouru pendant la nuit l'hémisphère inférieur, le déborde, diverge et se répand dans l'espace; les hautes couches de l'atmosphère éclairées alors, éclairent elles-mêmes l'hémisphère où règne la nuit. La lumière du crépuscule qui s'était colorée en descendant vers la terre, mais qui s'était décolorée en achevant la courbe de réflexion, conserve sa blancheur jusqu'au moment où le sommet de cette courbe tombe sur la terre. Ce n'est plus alors le rayon entier qui est divergent, ce sont celles de ses subdivisions qui ont rasé la terre sans l'atteindre.

Le rouge étant de tous les rayons le moins réfrangible, s'échappe le premier et s'enfonce dans les profondeurs de l'horizon où il ne forme, lorsque le temps est favorable, qu'une bande de deux ou trois degrés.

L'orangé paraît ensuite et s'élève à trois ou quatre degrés au-dessus du rouge.

Le jaune le suit et forme un second rideau de sept à huit degrés, à travers lequel sont vues les deux premières couleurs.

Plus le soleil s'approche de l'horizon, plus les couleurs se projettent sur l'avant du tableau.

Le vert occupe au-dessus du jaune quinze ou vingt degrés. Il est vu sur le fond bleu et blanc de cette partie

du ciel, et lui imprime une teinte particulière résultante du mélange de ces trois couleurs.

Le bleu qui se confond avec la couleur des vapeurs aériennes, à laquelle seulement il donne plus d'intensité, s'étend jusqu'au-delà du zénith.

Le pourpre forme à l'occident une grande zône qui embrasse les deux tiers de l'horizon.

Au-dessous du pourpre, on aperçoit le violet qui se projette sur le segment grisâtre formé par le cône ombreux de la terre.

L'effet du prisme atmosphérique est encore sensible long-temps après le lever du soleil; la couleur de son disque, lorsque l'air est très-pur, présente un mélange de bleu, de pourpre et de violet. Ce n'est que près de deux heures après son lever que la blancheur de son disque annonce la concentration des couleurs; or, comme il est reconnu aujourd'hui que les couleurs voisines du rouge jouissent beaucoup plus éminemment que les couleurs voisines du violet, de la propriété d'élever la température des corps, je crois pouvoir en conclure que c'est principalement au pouvoir réfringent du prisme atmosphérique qu'est due la cause du peu de chaleur que produit le soleil lorsqu'il est près de l'horizon; et si l'on me demande quelle est la région de la terre vers laquelle se dirigent les rayons qui sont perdus pour les peuples éclairés par le soleil levant, je répondrai que ces rayons, après s'être infléchis vers la terre, se relèvent, achèvent la courbe de réflexion et se perdent dans le ciel; et que réfléchis alors par les hautes couches de l'atmosphère, ils manifestent les phénomènes du crépuscule pour ceux des peuples occidentaux qui se trouvent placés à la distance convenable.

Il est évident, en effet, que les deux crépuscules du soir et du matin sont des phénomènes permanens, et que les couleurs qui précèdent et qui suivent la marche du soleil, ne pourraient pas éclairer les sommets de l'atmosphère si elles étaient tombées sur la terre.

Dans le crépuscule du soir, les couleurs se manifestent en ordre inverse; et lorsque le temps est favorable à l'observation, on voit successivement le violet se projeter du côté de l'orient, le pourpre se répandre sur les trois quarts de l'horizon, et le bleu du ciel se verdir du côté de l'occident. A mesure que le jour diminue, les couleurs fortes deviennent dominantes; le rouge est la dernière de toutes; et, lorsqu'il a disparu, le crépuscule verse une lumière blanche, semblable à celle de l'aube du matin.

Les couleurs du soir n'ont pas une régularité aussi constante que celles du matin. Pendant le calme de la nuit, les couches de l'atmosphère conservent ou reprennent l'ordre des densités, mais la chaleur du jour intervertit cet ordre; et lorsque le soleil s'approche de l'horizon, les couches dilatées et refroidies restent suspendues sur les couches inférieures qui ont conservé leur état de dilatation. Il résulte de ce bouleversement quelques anomalies; les spectres de la diffraction se mêlent aux spectres prismatiques; et l'ordre des couleurs est quelquefois interverti.

La plus remarquable et la plus fréquente des singularités que présente le crépuscule du soir, est la disparition du pourpre à l'orient et son apparition brusque à l'occident, sans qu'il soit possible d'observer la trace de son passage sur le bleu intermédiaire: phénomène que

j'attribue à la différence qui existe entre le pouvoir réfléchissant de la couche épaisse des vapeurs qui existent dans la direction vers l'horizon, et celui de la couche très-mince des mêmes vapeurs qui se trouvent dans la direction vers le zénith.

L'obliquité de la marche apparente du soleil est cause que les crépuscules sont d'autant plus longs, que l'on s'éloigne davantage de l'équateur; et plus les crépuscules sont longs, plus les couleurs sont distinctes.

Mais dans le même pays et dans la même saison, le spectacle des couleurs du crépuscule présente des différences remarquables. A la fin de l'été et pendant l'automne de 1813, les couleurs crépusculaires ont été très-riches et très-distinctes; et, dans tout le cours de l'année 1814, la plupart des crépuscules n'ont présenté aucune coloration distincte.

L'état plus ou moins vaporeux de l'air de la basse et de la moyenne région n'a, selon moi, qu'une très-faible influence sur la beauté des crépuscules. L'abondance accidentelle des gaz de la haute région et spécialement de l'hydrogène qui, de tous les gaz connus, est le plus réfringent, me paraît être la cause principale de la manifestation, de la séparation et de l'éclat des couleurs crépusculaires. Et je crois devoir, à cet égard, prévenir le lecteur que, dans tous les phénomènes qui resultent de l'accroissement accidentel du pouvoir réfringent de l'atmosphère et que j'expliquerai par l'abondance, la stagnation ou le refroidissement des vapeurs de la haute région, je comprendrai toujours sous le nom de vapeurs, non-seulement l'air humide surélevé par la chaleur solaire, mais encore tous les gaz métalliques ou non métal-

liques, connus ou inconnus, qui se dégagent de la terre et traversent perpétuellement l'espèce particulière d'air dans laquelle nous vivons.

Lorsque les nuages se trouvent dans le passage des couleurs crépusculaires, ils en prennent les teintes, mais avec une altération résultante de leur propre couleur qui est un gris plus ou moins foncé. Le bleu prismatique se confond avec l'azur du ciel; mais lorsqu'il éclaire les nuages, il se manifeste sous la forme de *bleu-barbeau*. On ne voit pas de nuages *vert-pré;* mais lorsqu'ils sont éclairés par le vert prismatique, ils prennent une couleur *vert-bouteille* plus ou moins foncée; et il ne m'est arrivé qu'une seule fois de voir les fragmens d'un nuage, colorés d'un très-beau vert.

Les rayons colorans du crépuscule s'étendent en forme d'éventail sur la toile du ciel qui nous les réfléchit; mais la forme de cette toile et la position du spectateur sont cause que les couleurs, vues du côté où est le soleil, forment une couche très-épaisse qui n'occupe en hauteur qu'un petit nombre de degrés.

Le rouge, qui est très-éloigné de nous, puisqu'au moment où il commence à paraître, le soleil est à plus de dix degrés sous l'horizon, s'élève très-peu lorsqu'il est pur, et il est toujours d'autant plus vif que la bande qu'il forme est plus étroite. La bande de l'orangé est plus large, et celle du jaune plus large encore. Mais lorsque les circonstances sont peu favorables au phénomène, les trois couleurs se trouvent mélangées. Elles forment alors l'espèce de couleur mixte à laquelle on a donné le nom d'aurore; et les couleurs prismatiques plus faibles qui, dans ce cas, se confondent et se dispersent dans le bleu

du ciel, ne produisent aucune sensation distincte.

Le pourpre et le violet qui se rapprochent le matin de la surface de la terre, étant attirés par l'air inférieur, s'infléchissent vers la partie de l'horizon opposée à celle où se trouve l'astre; ils deviennent alors très-visibles, parce qu'ils sont réfléchis par une couche vaporeuse d'une grande profondeur, et l'inflexion qu'ils subissent est quelquefois assez forte pour les faire tomber sur la terre où ils se mêlent avec la lumière blanche qui nous rend les astres visibles quelques minutes avant leur véritable lever.

Les rayons violets et pourpres, et même les rayons bleus qui, dans ce cas, contribuent à la coloration du soleil levant, ne colorent jamais le soleil couchant, parce que, dans ce dernier cas, l'air de la basse région est trop dilaté, et que l'ordre naturel des densités entre les diverses couches de l'air se trouve d'ailleurs interverti.

Quant à la couleur jaunâtre, et quelquefois rougeâtre, du soleil couchant, ce n'est pas par le prisme atmosphérique qu'elle est produite, mais uniquement par la diffraction qu'éprouve la lumière solaire en traversant les vapeurs que la chaleur du jour a élevées, et qui se trouvent, au coucher du soleil, accumulées et condensées.

Le phénomène de l'apparition du pourpre et du violet à l'occident quand le soleil se lève, et à l'orient quand le soleil se couche, avait été observé par de Mairan qui lui avait donné le nom d'*anti-crépuscule*. Et comme ces deux couleurs sont plus apparentes lorsqu'elles se peignent sur le segment noirâtre produit par le cône ombreux de la terre, que lorsqu'elles se peignent sur le bleu de l'air, il avait considéré comme un *arc-en-ciel* produit par les

molécules de l'air, l'ombre colorée que l'on voit, dans ce cas, grandir à l'orient à mesure que la nuit approche, et diminuer à l'occident lorsque le jour paraît.

Il ne faut pas confondre le phénomène imaginaire de l'*anti-crépuscule* avec le phénomène réel du *faux crépuscule* : nom qui a été donné à la prolongation extraordinaire du crépuscule.

Du faux crépuscule et de quelques autres lueurs produites par la puissance réfléchissante de l'air.

350. On a observé que la durée moyenne des crépuscules ordinaires était plus grande en hiver qu'en été ; ce qui n'a rien d'étonnant, puisque la puissance réfringente de l'air croît comme sa densité moyenne qui est plus grande pendant l'hiver que pendant l'été.

La lumière blanche du crépuscule nous est réfléchie par une couche d'air qui, d'après les calculs de Lahire, est élevée de 36362 toises au-dessus de la surface de la terre. Mais cette hauteur, qui a été fixée dans la double hypothèse que le soleil se trouve alors à 18° au-dessous de l'horizon et que la lumière traverse en ligne droite la couche d'air voisine de l'horizon, est susceptible d'une double réforme, parce que la lumière crépusculaire est une lumière divergente qui s'écarte de l'axe commun du soleil et de la terre, et parce qu'il arrive quelquefois que la durée du crépuscule est double et que, dès lors, le soleil se trouve à trente-six degrés au-dessous de l'horizon lorsque ses rayons nous parviennent.

Le pouvoir réfringent de la sphère atmosphérique est variable comme la quantité des vapeurs réfringentes qui se trouvent répandues dans les hautes régions de l'air; et plus ces vapeurs sont abondantes, moins les rayons divergens s'écartent de l'axe commun. Mais comme ils s'en écartent toujours d'une certaine quantité, je pense que si l'on prenait pour base du nouveau calcul à faire l'hypothèse de la lumière lancée en ligne droite par le soleil au moment où il se trouve à 36° au-dessous de l'horizon, la hauteur à laquelle on évaluerait, en ce cas, la couche d'air qui nous réfléchit les rayons du crépuscule, quelque considérable qu'elle fût, se trouverait encore au-dessous de sa véritable hauteur.

Puisque la durée des crépuscules est variable d'un jour à l'autre, et que la nature qui n'a point mesuré leur durée, produit dans le cours d'un siècle, non-seulement des crépuscules très-longs et des crépuscules très-courts, mais encore des crépuscules intermédiaires, les *longs crépuscules* ne sont point de *faux crépuscules*, et tous les crépuscules longs ou courts sont produits par des rayons divergens, moins déviés dans le premier cas et plus déviés dans le second.

La puissance réfléchissante de l'air a une telle énergie, qu'il ne réfléchit pas seulement les rayons directs, mais qu'il réfléchit encore, d'une manière très sensible, les rayons réfléchis.

Il est constant, en effet, que lorsque les navigateurs approchent des plaines de glace, ou même des glaces mobiles, ils en sont avertis plusieurs jours d'avance par une lueur qui se manifeste dans le ciel et qui est connue

sous le nom de *clignotement de la glace;* or, cette lueur ne peut être autre chose que la réflexion secondaire des rayons du soleil réfléchis par la glace.

Il y a tout lieu de présumer que c'était par l'observation d'une lueur produite par la réverbération des voiles qui sont toujours très-blanches après une longue traversée, qu'un particulier de l'île de France était parvenu, il y à quarante ans, à prédire deux ou trois jours d'avance l'arrivée des vaisseaux et leur nombre. Il crut sa fortune assurée et vint en France avec des procès-verbaux que j'ai lus. Mais les expériences qu'il fit à Rochefort n'eurent aucun succès. Quant à moi qui suis convaincu de la réalité de cette découverte, je pense que l'expérience qui avait réussi dans l'Inde, n'a manqué en France que parce que l'air n'y était pas assez pur, ou parce que les voiles des vaisseaux soumis à l'expérience n'étaient pas assez blanches.

Les éclairs que l'on aperçoit à l'horizon pendant une nuit d'été, et qui quelquefois sont produits par un orage éloigné de quarante à cinquante lieues, sont encore une preuve de la puissance réfléchissante de l'air.

Mais il est un dernier phénomène qui me paraît plus propre qu'aucun autre à prouver l'énergie de cette puissance; c'est la lueur que l'on aperçoit sur le disque de la lune pendant ses éclipses totales.

On a attribué cette lueur à la convergence des rayons du soleil sur le disque de la lune; convergence que l'on supposait occasionnée par leur passage à travers l'atmosphère de la terre: je l'attribue à la clarté que la lune reçoit alors de la zone lumineuse qui entoure le disque de la terre.

Si l'on compare, en effet, le diamètre du globe terrestre avec la hauteur de la couche (1) de l'atmosphère à laquelle il est permis d'attribuer un pouvoir réfringent suffisant pour déterminer la convergence de la lumière, il devient plus que probable que les rayons qui débordent la terre sont tous des rayons divergens, et que si quelques uns d'entr'eux sont rendus accidentellement convergens, ils sont en très-petit nombre et composés seulement de rayons colorans.

Or, les différens points de l'axe commun de la terre et de la lune sur lesquels ces faibles rayons convergent, doivent se trouver en presque totalité, ou en-deçà, ou au delà du disque lunaire qui, dès lors, n'en reçoit aucune clarté.

Il est évident, au contraire, que lorsque la terre se trouve placée entre la lune et le soleil, les habitans de la lune (s'il y en a) voient alors autour du disque de la terre une couronne brillante, résultante de l'ensemble de ses crépuscules; et il n'est pas étonnant qu'ils en reçoivent une clarté assez vive pour que la seconde réflexion en soit sensible sur la terre.

L'atmosphère de la lune est beaucoup trop rare, pour que nous puissions voir une couronne autour de son disque à l'époque des éclipses centrales de soleil, mais cette pri-

---

(1) En supposant à cette couche une épaisseur de cinquante lieues, elle ne formerait que le soixantième du diamètre de la sphère totale, et les rayons du soleil qui tomberaient sur ce bord seraient dès lors trop obliquesp our pouvoir êtreram enés à la convergence.

vation ne plonge pas la terre dans une obscurité totale ; car les seules étoiles qui soient visibles alors, sont celles de la première grandeur.

La lumière que la terre reçoit dans ce cas, est réfléchie, selon moi, par l'air du tourbillon solaire ; cet air réfléchissant qui occupe autour du soleil un espace de quinze ou vingt dégrés, est éloigné de cet astre de plusieurs millions de lieues, et cependant la clarté qu'il produit et à laquelle on a donné le nom de *lumière blanche*, est à-peu-près égale à celle que donne la lune dans les quadratures.

De la lumière zodiacale.

351. « La lumière zodiacale est une clarté ou une blancheur assez semblable à celle de la voie lactée, que l'on aperçoit dans le ciel en certains temps de l'année après le coucher du soleil ou avant son lever, en forme de lance ou de pyramide, le long du zodiaque où elle est toujours renfermée par son axe et par sa pointe, et qui est appuyée obliquement sur l'horizon par sa base. »

Ce phénomène avait été observé par Childrey, mathématicien anglais, avant 1659. Cassini l'a décrit et lui a donné le nom qu'il porte. De Mairan s'en est particulièrement occupé dans son traité de l'aurore boréale : il a reconnu l'analogie qui existait entre ces deux phénomènes, et leur a attribué pour cause commune la présence momentanée de l'atmosphère solaire qu'il suppose lumineuse par elle-même.

Les savans n'ont point admis ces deux hypothèses, quoiqu'appuyées sur des calculs de haute géométrie; et le

phénomène de la lumière zodiacale est encore aujourd'hui considéré comme un des mystères de la nature.

L'explication en deviendra facile, si on se détermine à placer au nombre des vérités élémentaires la proposition suivante :

La clarté de la nuit n'est pas due seulement à la lumière des étoiles et des planètes ; elle est due principalement aux rayons du soleil, refléchis vers la terre par le fluide élémentaire.

Il résulte, en effet, de cette proposition qu'un changement dans la direction des rayons du soleil, doit troubler l'uniformité de la clarté de la nuit, et que la région du ciel où ce changement s'opère, doit être remarquable, ou comme plus sombre, ou comme plus éclairée.

Il ne s'agit donc plus que d'examiner si la lumière zodiacale ne serait pas, en effet, produite par un changement dans la direction des rayons du soleil.

Je l'attribue *à l'apparition d'un faisceau de rayons crépusculaires, rendus convergens par leur passage à travers une couche d'air de la haute région, plus réfringente que dans l'état ordinaire.*

M. Laplace a établi comme un principe certain, qu'il existait dans l'atmosphère de la terre une circulation continue, au moyen de laquelle l'air s'élevait sous l'équateur et descendait vers les pôles ; et il a observé, à cet égard, que l'air, en s'élevant sous l'équateur, atteignait une région plus élevée que celle qui lui était assignée par sa densité spécifique.

Si l'on suppose maintenant qu'au lieu de descendre

vers les pôles, cet air ainsi surélevé par la chaleur, demeure quelque temps stationnaire, il devient évident qu'il récupérera par son refroidissement sa densité naturelle, et que les rayons du soleil qui le traverseront alors seront réfractés plus fortement qu'avant son refroidissement.

Or, cette supposition doit être admise ; car la circulation qui porte aux pôles les vapeurs de l'équateur doit éprouver quelque rallentissement dans certaines saisons; et ce rallentissement réparti d'une manière inégale, doit nécessairement occasionner quelques stagnations partielles.

Tous les rayons parallèles qui tombent sur une sphère réfringente, ne convergent point vers l'axe commun de cette sphère et du soleil ; ceux qui tombent au delà d'un certain dégré d'obliquité, divergent et s'écartent plus ou moins de l'axe commun.

Les rayons convergens ont entr'eux une progression croissante depuis le parallélisme jusqu'à un maximum de convergence, et décroissante ensuite depuis ce maximum jusqu'au parallélisme. Les rayons convergens sont donc renfermés entre deux rayons; savoir, l'axe et un rayon parallèle qui forme la séparation des convergens et des divergens. Au-delà de ce rayon intermédiaire, commence la divergence, qui s'accroît aussi jusqu'à un *maximum*, et qui décroît ensuite jusqu'à un troisième rayon parallèle qui forme la tangente de la sphère.

La cause qui produit la convergence des rayons, est l'atraction universelle à laquelle la lumiere obéit et que les corps exercent sur elle en raison de leur densité ou de leur viscosité. La cause qui repousse une partie des

rayons et les force à diverger, est l'inégalité de la résistance du calorique intérieur que la lumière déplace : résistance ordinairement plus forte dans la direction vers la profondeur des corps, que dans la direction vers leur surface.

Tout rayon qui traverse obliquement une sphère réfringente, est donc dévié en même temps par deux puissances, dont l'une le rapproche de l'axe et l'autre l'en éloigne ; et comme ces deux puissances opposées croissent et décroissent suivant des lois particulières, il en doit résulter : 1.° qu'un rayon, en traversant l'intérieur d'une sphère réfringente, y décrira une courbe ; 2.° qu'après l'avoir traversée, il se rapprochera de l'axe, si la puissance attractive a été prédominante ; 3.° qu'il s'en éloignera dans le cas contraire ; 4.° enfin, qu'il suivra la route primitive, si la somme des deux puissances est égale.

Les rayons du soleil auxquels nous devons le crépuscule, sont des rayons *divergens* qui, après avoir pénétré dans l'atmosphère jusqu'à une certaine profondeur, se sont relevés et nous sont *réfléchis* par la couche d'air à travers laquelle ils s'échappent.

Si la partie de l'atmosphère dans l'intérieur de laquelle les rayons crépusculaires ont décrit la courbe de réflexion, était dans tons les temps également réfringente, la durée des crépuscules serait assujettie à une loi constante ; mais comme rien n'est plus variable que la durée des crépuscules, nous devons en conclure que la cause qui les produit est elle-même une cause variable, et ne considérer que comme une cause très-secondaire de la différence de leur durée les changemens qui peuvent s'opérer dans la transparence

de la couche d'air à travers laquelle les rayons réfléchis nous parviennent.

Si la densité ou la viscosité de la portion de l'atmosphère que traversent les rayons crépusculaires en commençant à se relever, vient à augmenter, les rayons plus attirés se rapprocheront davantage de la terre ; la courbe qu'ils décriront aura plus d'amplitude, et la durée du crépuscule sera prolongée.

Si cette augmentation est considérable, elle produira un crépuscule d'une durée extraordinaire.

Et si elle est portée au plus haut degré, une partie des rayons crépusculaires pourra être ramenée *à une faible convergence*. Je dis *une faible convergence*, car si la convergence excédait certaines limites, les rayons tomberaient sur la terre, et l'accroissement du pouvoir réfringent ne produirait alors aucun effet sensible.

Les mêmes rayons blancs et divergens qui, dans l'état ordinaire de l'atmosphère, produisent le crépuscule, et qui produisent le *faux crépuscule* lorsque l'accroissement accidentel de la puissance réfringente de l'air diminue leur divergence, produiront la lumière zodiacale, lorsque cet accroissement se trouvera assez considérable pour les convertir en rayons faiblement convergens. (Voyez la figure.)

Cette explication suffit pour rendre raison de tous les phénomènes accessoires qui ont été décrits par de Mairan dans son *Traité de l'aurore boréale*.

» La lumière zodiacale est pyramidale ».

Cette forme est celle de tout faisceau de lumière qui converge vers un foyer.

» La pyramide est appuyée obliquement sur l'horizon. »

Cette obliquité est déterminée par l'obliquité du mouvement apparent du soleil.

» Elle est renfermée dans le zodiaque, par son axe et par sa pointe ».

La direction de la pyramide doit être *à-peu-près* la même que celle du mouvement apparent du soleil. Elle serait *absolument* la même, si l'atmosphère de la terre était une sphère parfaite.

» La largeur de la base des pyramides n'est pas toujours proportionnelle à leur hauteur ».

La largeur de leur base est proportionnelle au diamètre du nuage réfringent qui produit le phénomène, et leur hauteur est ordinairement proportionnelle à la même cause qui, lorsqu'elle procure une plus grande abondance de lumière, doit la rendre visible à une plus grande hauteur. Mais comme la hauteur des pyramides est en même temps proportionnelle au pouvoir réfringent qui rend la lumière plus ou moins dense à une hauteur égale, et que d'ailleurs, l'air qui n'a pas toujours la même diaphanéité, dérobe quelquefois la vue du sommet de la pyramide, la proportion entre sa base et la hauteur peut être quelquefois troublée.

» La lumière est plus claire vers le milieu de la pyramide que vers ses extrémités ».

La base de la pyramide est plus rapprochée de nous que son milieu; mais plusieurs raisons doivent rendre son milieu plus visible que sa base.

Il faut d'abord remarquer que la lumière de la pyramide est une fois plus dense à son *milieu* qu'à sa *base*.

En second lieu, il reste toujours auprès de *sa base* une lueur crépusculaire plus ou moins sensible, tandis que le *milieu* se trouve placé dans une région du ciel plus obscure.

En troisième lieu enfin, la base est vue à travers les vapeurs demi-diaphanes de l'horizon; et l'air augmente de diaphanéité, à mesure qu'il s'élève.

Quant à la lumière de la *pointe*, ou pour mieux dire du *sommet visible*, elle est, à la vérité, double de *celle du milieu*, mais comme elle est beaucoup plus éloignée et que la lumière décroît en raison du carré des distances, la lueur du milieu doit être beaucoup plus vive que la lumière du sommet.

« La lumière des pyramides s'éteint par degrés en approchant de la pointe, leur extrémité est douteuse, et elles paraissent diversement étendues à diverses personnes. »

On suppose les rayons du soleil parallèles, quoiqu'ils soient réellement divergens. Leur parallélisme réel peut dès lors être assimilé à la convergence dont l'effet est d'augmenter la clarté de la partie du ciel que les rayons traversent dans ce nouvel état. Il peut, en effet, se trouver des lumières zodiacales qui seraient composées de rayons parallèles; leur forme apparente n'en serait pas moins, dans ce cas, celle d'une pyramide tronquée; parce que les

objets d'égale grandeur sont vus plus grands lorsqu'ils sont vus de plus près, et que lorsqu'ils sont vus à des distances égales, ils diminuent de grandeur à mesure qu'ils s'élèvent au-dessus de l'horizon.

» Quoique la lumière zodiacale soit blanche, on y a observé quelquefois une faible coloration vers la base de la pyramide ».

La lumière zodiacale se compose de certains rayons peu convergens qui sont les seuls visibles, et d'autres rayons plus convergens qui tombent sur l'hémisphère éclairé. C'est de ces derniers rayons, qu'il peut se détacher quelques rayons rouges qui s'élevant entre le spectateur et la base de la pyramide, sont réfléchis par les vapeurs de l'horizon.

« La base de la pyrami de se confond souvent avec *un segment obscur* ».

L'air humide élevé sous l'équateur, et refroidi par l'effet d'une stagnati on momentanée, doit quelquefois devenir brumeux; il produira alors une ombre qui se manifestera sous la forme d'un *segment obscur*, parce qu'elle est projetée dans un *segment plus ou moins éclairé* formé par la lumière crépusculaire qui environne toujours la base de la lumière zodiacale.

La pyramyde n'a aucun mouvement propre, et suit le mouvement apparent du soleil ».

La pyramide étant un faisceau détaché de la lumière crépusculaire doit, comme le crépuscule dont elle émane

n'avoir aucun mouvement propre et suivre le mouvement du soleil.

» Lorsque la pyramide a disparu, on aperçoit pendant quelque temps une faible clarté à l'horizon ».

Cette clarté est due, soit à la pyramide elle-même dont la lueur réfléchie est rendue visible à cause de l'obscurité de la nuit, soit à la partie la plus élevée de la pyramide qui est invisible quand la pyramide paraît, et qui produit une faible lueur quand la pyramide a totalement disparu, parce qu'alors la lumière de la pointe est plus rapprochée du spectateur.

» La lumière zodiacale ne produit qu'une très-faible clarté ».

Il est prouvé par l'expérience, que de tous les rayons transmis à travers une sphère réfringente, les plus rares sont ceux qui se trouvent rapprochés de la parallèle intermédiaire, qui forme la séparation entre les divergens et les convergens. Il n'est donc pas étonnant que la lumière zodiacale, composée de rayons *parallèles* ou *faiblement convergens*, ne produise qu'une faible clarté.

» Le temps de l'année le plus favorable pour l'observation de la lumière zodiacale, est celui qui suit l'équinoxe d'automne, ou celui qui précède l'équinoxe du printemps. Cette dernière époque est plus favorable que la précédente ».

Les mois d'octobre, novembre, février et mars, sont

les mois de l'année où les vents du nord sont les plus rares, et c'est alors surtout que les courans supérieurs qui portent les vapeurs de l'équateur vers le pôle boréal, sont le plus souvent rallentis par la surabondance de celles qui sont accumulées sur les régions polaires.

Cette saison qui est la plus favorable aux aurores boréales, doit donc aussi être la plus favorable à la lumière zodiacale; et si ce dernier phénomène est plus fréquemment observé en février et en mars qu'en octobre et en novembre, c'est que, toutes choses égales, l'air est plus réfringent et plus diaphane à la suite de l'hiver qu'après les chaleurs de l'été.

» La lumière zodiacale paraît après le crépuscule du soir ou avant le crépuscule du matin, mais elle est plus fréquente le soir que le matin ».

Pour que le phénomène ait lieu, il faut que la couche d'air condensée qui le produit se trouve à un certain nombre de degrés en avant ou en arrière de la marche apparente du soleil. Si cette couche d'air se trouve en avant, le phénomène aura lieu le matin; dans le cas contraire, il aura lieu le soir.

Ce dernier cas doit être le plus fréquent, parce que la vapeur alors n'est élevée que depuis cinq ou six heures, au lieu que la vapeur qui se trouve en avant du soleil ayant été élevée depuis quinze ou vingt heures, a eu plus de temps pour s'écouler ou se disperser.

» Cassini a vu dans la nuit du 4 décembre 1687, deux

lumières zodiacales, l'une qui a commencé à 6 heures du soir, et l'autre qui a commencé le matin à 4 heures 40 minutes ; mais cette double apparition est très-rare. »

Le phénomène de la double apparition dans une même nuit, ne peut avoir lieu que lorsque les vapeurs élevées sous l'équateur restent pendant quinze ou vingt heures dans une stagnation absolue et dans un état de refroidissement à-peu-près uniforme ; ce qui ne peut arriver que très-rarement.

« La lumière zodiacale et l'aurore boréale se mêlent fréquemment. »

Cela n'est pas étonnant, puisque l'aurore boréale, ainsi que je le démontrerai, est également due à l'interruption de la circulation ordinaire des vapeurs de l'équateur aux pôles.

La lumière zodiacale doit aussi se mêler souvent au *faux crépuscule* ; mais elle n'est point aperçue alors, parce que la lumière du faux crépuscule, qui n'est pas intermittente comme celle de l'aurore boréale, est plus vive que celle de la lumière zodiacale.

« De Mairan a observé dans quelques faux crépuscules, une forme analogue à celle de la lumière zodiacale. »

Lorsque l'atmosphère augmente de densité, les rayons crépusculaires étant plus attirés, décrivent une courbe plus ample et sont plus long-temps visibles à l'horizon ; ils

forment alors le faux crépuscule, et il ne faut qu'un degré de densité de plus dans les vapeurs stagnantes pour faire naître la lumière zodiacale.

Le faux crépuscule étant l'intermédiaire entre la lumière crépusculaire et la lumière zodiacale, doit donc participer de l'une et de l'autre par la forme sous laquelle il se manifeste.

Si l'abaissement de ses rayons est peu considérable, sa forme, semblable à celle du crépuscule ordinaire, sera celle d'un segment circulaire; mais, dans le cas contraire, elle sera celle d'un segment elliptique d'autant plus excentrique que les rayons se rapprocheront davantage de la perpendiculaire.

« La lumière zodiacale a été observée fréquemment depuis 1683 jusqu'en 1687, et elle a graduellement augmenté jusqu'à cette dernière époque ».

Il y a apparence qu'à cette époque il existait un obstacle à la circulation des vapeurs, et que cet obstacle, après avoir graduellement augmenté, a cessé tout-à-coup par un changement qui s'est opéré dans la direction ordinaire des courans équatoriaux.

Il est à remarquer que c'est précisément à cette époque, que les aurores boréales, qui étaient rares en Suède, y sont devenues fréquentes.

« Cassini a observé que la pyramide zodiacale augmentait graduellement depuis janvier jusqu'à la fin de mars; qu'elle se soutenait en avril, et qu'elle diminuait ensuite ».

L'atmosphère ayant un plus grand diamètre sous l'équateur que vers les tropiques, le soleil, à l'époque de l'équinoxe, élève les vapeurs réfringentes à une plus grande hauteur : c'est donc à cette époque que la pyramide se trouvant composée d'un plus grand nombre de rayons, doit être vue à une plus grande hauteur.

Les pyramides doivent donc, toutes choses égales d'ailleurs, augmenter à mesure que le soleil s'approche de l'équateur, et diminuer à mesure qu'il s'en éloigne.

« On voit les plus petites étoiles à travers la pyramide, ainsi qu'à travers le segment obscur avec lequel la base de la pyramide se confond. »

On voit également les étoiles à travers les jets de l'aurore boréale et ses segmens obscurs, ainsi qu'à travers les queues brillantes et les cavernes ténébreuses des cométes. Il n'est pas étonnant que les étoiles qui ont une lumière très-vive, soient vues à travers des lueurs très-faibles, et, à plus forte raison, à travers des obscurités qui doivent augmenter l'éclat des étoiles au lieu de l'affaiblir.

« Plusieurs observateurs ont cru apercevoir un pétillement dans la lumière zodiacale. »

Si ce pétillement qui a été également observé dans la queue des cométes et dans les jets de l'aurore boréale n'est pas une illusion optique, il faut l'attribuer à la mobilité des molécules plus ou moins réfringentes de l'air de l'atmosphère qui peut occasionner des millions de dé-

viations instantanées dans la lumière réfléchie par les différens points de la pyramide zodiacale.

» D'autres observateurs ont vu la pyramide courbée en forme de faulx. »

La courbure de la pyramide, en forme de lame de faulx, doit être d'autant plus sensible que la pyramide est plus inclinée à l'horizon. Cette forme qui n'est qu'apparente, est le résultat de la réfraction atmosphérique qui élève la base de la pyramide de plus d'un demi-degré, et dont l'effet diminue graduellement à mesure que le spectre lumineux s'élève au-dessus de l'horizon.

» La lumière zodiacale ressemble beaucoup à celle de la voie lactée. Si l'air n'est pas assez pur pour distinguer la voie lactée, on ne distinguera pas la lumière zodiacale. »

Ces deux lueurs si ressemblantes par leur degré d'intensité, sont dues l'une et l'autre à la puissance réfléchissante du fluide élémentaire.

De la voie lactée et de la nébulosité des étoiles.

352. Les astronomes nous ont appris que les nébulosités ou blancheurs que l'on aperçoit dans le ciel étaient produites par des étoiles très-voisines, ou qui paraissent telles parce qu'elles sont plus éloignées de nous que celles que nous distinguons à la vue simple.

Mais on n'a pas expliqué la cause qui nous fait

apercevoir leur lumière sous la forme d'une nébulosité.

Il paraît difficile de concevoir comment la lumière émanée de plusieurs points étincelans, dont chacun en particulier est invisible à cause de son éloignement, peut se convertir en une lueur douce, calme et sensiblement uniforme.

Mais, si l'on admet que le fluide élémentaire ait la propriété de réfléchir la lumière, on conçoit aisément la raison de la grande ressemblance qui existe entre des lueurs dont la cause est peu différente, et qui toutes nous sont réfléchies par le même fluide, c'est-à-dire, par le calorique divisé en atmosphéroïdes d'un diamètre plus ou moins grand.

Toutes ces lueurs sont vues à des distances très-inégales, car le crépuscule est éloigné de nous de quelques lieues, l'aurore boréale de quelques centaines de lieues, la lumière zodiacale de quelques millions de lieues, les queues des comètes de quelques dizaines de millions de lieues, la voie lactée de quelques centaines de milliards de lieues, et les nébuleuses de quelques milliers de milliards de lieues; et cependant il n'existe, dans l'intensité de la lumière produite par ces divers phénomènes, aucune différence assez forte pour qu'on puisse l'attribuer uniquement à la différence des distances.

La raison en est simple selon moi; c'est que toutes ces lueurs qui nous parviennent à travers un milieu qui n'a pas d'opacité sensible, nous sont réfléchies par un nombre de points réfléchissans proportionnel à l'éloignement des lueurs.

Deux plans sont uniformément éclairés; l'un d'eux est placé à une distance double, mais sa surface est

quadruple, et dès lors tous deux sont compris sous le même angle visuel. Chaque point du grand plan donne quatre fois moins de lumière que chaque point du petit plan; mais il y a quatre fois plus de points réfléchissans dans le grand plan que dans le petit plan. La lumière totale produite par l'un des plans doit donc être semblable à la lumière totale produite par l'autre plan.

Si la lueur observée occupe un degré dans le ciel, il importe peu qu'elle soit éloignée d'une lieue ou d'un milliard de lieues : car les deux plans réfléchissans sont alors entr'eux dans le rapport d'un milliard à l'unité.

Supposez que l'univers puisse être vu hors de l'univers et à un éloignement suffisant; il ne sera plus lui-même qu'une nébuleuse.

La nature a voulu qu'à une certaine distance, la lumière lancée par un corps lumineux d'un certain diamètre, ne produisît dans notre œil aucune impression sensible.

Supposez que mille corps semblables soient placés à la distance où chacun d'eux doit devenir invisible, ces mille corps, quoique très-rapprochés les uns des autres, resteront toujours invisibles s'il n'y a pas entr'eux de contiguité.

Si vous supposez qu'ils s'approchent par degrés du spectateur, il arrivera un moment où ils deviendront visibles, et vous aurez alors une idée de leur nombre et de la distance qui les sépare.

S'ils s'éloignent de nouveau, ils disparaîtront de nouveau; mais, à quelque distance que vous les supposiez, il est impossible qu'ils donnent par eux-mêmes la sensa-

tion d'une lumière continue, telle, par exemple, que celle de la voie lactée.

Lorsque le grouppe d'étoiles dont se compose une nébuleuse est observé à l'aide du télescope, la nébulosité disparaît, parce qu'une sensation partielle et plus forte détourne notre attention d'une sensation plus générale et plus faible; mais la sensation plus forte ne remplace pas pour cela la sensation plus faible qui subsiste encore alors, et qui est même devenue moins faible qu'auparavant, puisque le *spectre de la nébulosité* se trouve remplacé dans ce cas par le *spectre d'un jour éclatant* à travers lequel on distingue le grouppe d'étoiles qui le produit.

Trois personnes regardent à-la-fois les pléïades : l'un à la vue assez bonne pour distinguer les six étoiles; l'autre n'en voit que quatre; et le dernier n'en distingue aucune : mais ce dernier voit alors la constellation sous la forme d'une nébulosité dont la blancheur est très-distincte pour lui, tandis qu'elle est peu sensible pour le second, et nulle pour le premier qui ne voit alors dans cette partie du ciel qu'un jour plus vif que celui des régions voisines.

Nous croyons voir à deux lieues la flamme d'une bougie : c'est une erreur d'optique. La lumière directe d'une bougie ne peut, à cette distance, produire sur notre œil une impressio sensible, parce que la flamme qui la produit forme la base d'un trop petit triangle optique; ce que nous voyons alors n'est autre chose qu'un sphéroïde aérien éclairé par la bougie; et nous en serons convaincus, si nous approchons assez près de la bougie pour pouvoir distinguer la flamme elle-même;

car, comme dans ce cas nous ne confondrons plus la flamme avec son atmosphère, la flamme, quoique beaucoup plus voisine de notre œil, nous paraîtra plus petite qu'auparavant.

Si nous nous éloignons de nouveau, la sensation produite par la lumière directe diminuera de nouveau; mais à mesure qu'elle diminuera, nous deviendrons plus attentifs à la sensation produite par l'atmosphère réfléchissante. Cette atmosphère grandira donc, en apparence, à mesure que nous nous éloignerons. La lumière directe qui émane d'une flamme d'un diamètre déterminé, produira dès lors une sensation qui s'affaiblira plus rapidement que la sensation produite par la lumière réfléchie qui émane d'une sphère dont le diamètre s'accroît à mesure que la distance augmente.

On sent, en effet, que si l'angle visuel sous lequel cette sphère est vue reste le même pendant que l'observateur s'éloigne, il faut nécessairement que l'agrandissement de son diamètre ait lieu dans la même proportion que l'éloignement.

Le nombre des molécules réfléchissantes dont se compose cette sphère, augmentant alors comme le cube des distances, il doit donc arriver qu'à une certaine distance, le produit total des parcelles de lumière que chaque molécule de la sphère réfléchit, l'emportera sur le produit de la lumière directe qui décroît comme le carré des distances; et lorsque la distance se trouvera suffisante pour éteindre tout-à-fait la lumière directe, la lumière réfléchie sera substituée à la lumière directe,

sans qu'il soit possible à l'œil de discerner le moment précis où cette transition deviendra complète.

La *lumière directe* que nous recevons des corps lumineux est donc toujours accompagnée d'une *lumière réfléchie* produite par le fluide qui environne ces corps, et qui subsiste long-temps encore après la disparition du corps lumineux.

Cette lumière réfléchie diminue cependant, et finit elle-même par disparaître complètement; mais elle suit dans son décroissement des lois particulières qui le rendent moins rapide que celui de la lumière directe.

Les molécules de la sphère réfléchissante ne peuvent réfléchir qu'une quantité de lumière proportionnelle à celle qu'elles reçoivent; et la quantité de la lumière qu'elles reçoivent décroît comme le carré de la distance qui les sépare du corps lumineux.

Si donc la sphère réfléchissante est vue sous le même angle optique à une distance double, le doublement de son diamètre n'augmentera le nombre de ses molécules réfléchissantes, que dans la proportion du cube ou de la troisième puissance, tandis que la quantité de la lumière réfléchie par les nouvelles molécules que le doublement du diamètre ajoutera à celles qui formaient la sphère primitive, diminuera comme le carré du carré, c'est-à-dire, comme la quatrième puissance; car les nouvelles molécules réfléchissent quatre fois moins de lumière que les premières, et l'observateur reçoit cette nouvelle lumière à une distance double de celle à laquelle il recevait la lumière de la sphère réfléchissante au moment où son diamètre réel était moitié moindre.

Cette sphère primitive réfléchit alors la même lumière

qu'auparavant ; mais l'observateur placé à une distance double n'en reçoit plus que le quart ; et l'augmentation de lumière qui provient du doublement du diamètre de la sphère est évidèmment insuffisante pour réparer cette perte.

Le doublement successif de la distance de l'observateur à la sphère réfléchissante vue sous le même angle optique, doit donc diminuer graduellement la quantité totale de la lumière réfléchie, jusqu'à ce qu'enfin elle s'éteigne tout-à-fait.

De l'aurore boréale.

353. Les anciens physiciens avaient considéré l'aurore boréale comme une vapeur qui s'élevait de la terre, formait un nuage, s'enflammait, et se réunissait dans une région du ciel où sa combustion s'achevait.

De Mairan l'attribuait à l'atmosphère du soleil qu'il supposait lumineuse par elle-même, et qui, selon lui, le devenait davantage par l'effet du mouvement translatif de la terre.

Je l'attribue à l'apparition accidentelle de quelques rayons du soleil dans l'hémisphère où règne la nuit.

La cause qui produit la lumière zodiacale est une masse d'air qui a acquis un excès de densité et qui se trouve dans le plan du cercle décrit par le mouvement apparent du soleil. La cause qui produit l'aurore boréale est également une masse d'air qui a acquis un excès de densité ; mais cette masse se trouve placée dans une direction perpendiculaire, ou à-peu-près au plan de ce même cercle,

Pendant l'équinoxe, le soleil a pour horizon une zone aérienne qui passe par les deux pôles. Ses rayons traversent cette zone qui les dévie; et comme l'air des pôles est plus dense que l'air de l'équateur, il est évident que la partie de la lumière qui déborde le globe de la terre du côté des régions polaires, est plus déviée que celle qui le déborde du côté des régions équatoriales.

Si l'on suppose maintenant que la densité de l'air voisin des pôles soit variable, l'on conçoit que l'époque à laquelle cet air sera le plus dense, sera aussi l'époque où il produira sur la lumière une plus grande déviation; et que si l'air équatorial peut, dans quelques circonstances, ramener les rayons divergens du crépuscule à une faible convergence, l'air polaire pourra, dans les mêmes circonstances, ramener les mêmes rayons à une convergence plus forte.

Or, les causes qui augmentent ou diminuent la densité de l'air polaire, doivent être beaucoup plus fréquentes que celles qui augmentent ou diminuent la densité de l'air équatorial.

Tous les physiciens, et spécialement Muschembroëck, M. Laplace et M. Humbold considèrent comme incontestable l'existence d'un courant d'air qui élève les vapeurs de la zone torride, descend avec elles vers les pôles, les y dépose, et retourne vers l'équateur où il ne produit le vent alisé que parce qu'il y revient avec une force centrifuge moindre que celle des corps qui sont à la surface de la terre.

« Sous l'équateur, dit M. Laplace, les colonnes d'air, élevées par la chaleur au-dessus de leur véritable

niveau, retombent par leur poids, se portent vers les pôles dans la partie supérieure de l'atmosphère, et sont remplacées dans la partie inférieure par un air frais qui s'avance des pôles vers l'équateur. » (*Exposition du Système du monde*, liv. 4, chap. 12.)

Une expérience que tout le monde peut répéter, rendra cette vérité sensible.

Si, au milieu d'un appartement bien clos, vous placez un poële qui tire son air de dehors, et que cet appartement soit garni de fils suspendus, vous pourrez y observer la circulation produite par l'inégale distribution de la chaleur.

Il y aura autour du poële un courant ascendant; au plafond, un courant horizontal qui s'éloignera du poële; auprès des murs, un courant descendant; et sur le plancher, un courant horizontal dirigé vers le poële.

Cette circulation augmentera avec la chaleur du poële; mais si la chaleur du poële se maintient au même degré, les courans diminueront de vitesse jusqu'à un *minimum* qu'ils conserveront.

Dans cet état de choses, si l'on transporte un bloc de glace à l'une des extrémités de l'appartement, les courans descendans voisins de ce bloc seront accélérés; l'accélération se communiquera d'abord au courant du plafond, ensuite au courant ascendant, et enfin au courant du plancher. Mais la circulation ne sera rétablie que dans la direction du poële au bloc de glace, et elle sera peu sensible dans le surplus de l'appartement.

Cette expérience donne une idée suffisamment juste de la circulation de l'air dans la direction du méridien,

et l'on y voit clairement la raison pour laquelle les vapeurs de l'équateur doivent toujours se porter vers celui des pôles où règne l'hiver, et pourquoi dans les saisons intermédiaires, il doit arriver des momens de stagnation.

Lorsque le retour de l'air des pôles à l'équateur, auquel je donne le nom de *courant polaire*, est intercepté en tout ou en partie, l'air versé sur les régions polaires par le courant équatorial s'y accumule ; il presse par sa masse les couches inférieures, et le refroidissement qui condense cet air, contribue encore alors à augmenter sa densité.

Le refroidissement occasionne la régénération de l'eau dissoute qui se précipite alors sous la forme de brouillard ; ces brouillards qui jouent un très-grand rôle dans les phénomènes accessoires de l'aurore boréale, ne contribuent en rien à l'augmentation du pouvoir réfringent de l'air (1), tant qu'ils restent à l'état de vapeur, ou même d'eau liquide.

Mais lorsque les brouillards polaires se convertissent

(1) M. Laplace a établi dans son *Exposition du système du monde*, page 89, que les vapeurs répandues dans l'air étaient plus légères que l'air, à égalité de pression, dans le rapport de 10 à 14, et qu'il résultait de cet excès de légèreté une compensation approximative qui rend insensible l'influence de l'humidité de l'air sur la réfraction ; il cite les expériences faites par M. Arrago, desquelles il résulte que les astres vus à travers le brouillard, sont vus à la même place que lorsqu'ils sont vus à travers un air purgé de vapeurs.

en aiguilles de glace, phénomène observé notamment par Gmelin, en Sibérie, et par Muëshembrosk, en Suède, à la suite du phénomène des parélies, et qui, d'après les récits des navigateurs, est très-fréquent pendant l'hiver dans les régions boréales, le pouvoir réfringent de l'air s'augmente de celui de toutes les aiguilles qui forment alors avec lui un système de corps.

Indépendamment des vapeurs aqueuses qui, lorsqu'elles deviennent solides, augmentent le pouvoir réfringent de l'air polaire, les courans équatoriaux doivent y porter perpétuellement les vapeurs réfringentes de la haute région, et spécialement l'hydrogène (1) dont le pouvoir réfringent est six fois plus considérable que celui de l'air.

Il doit donc m'être permis de considérer l'air des régions polaires comme un fluide plus réfringent que l'air des autres régions de la terre.

Or, Newton a prouvé par l'analise, qu'un rayon qui traverse obliquement une masse fluide composée de couches de densités graduellement croissantes, était aussi fortement réfracté que s'il eût traversé, sous le même degré

---

(1) Il est assez difficile de déterminer ce que devient l'hydrogène lorsque les courans équatoriaux l'ont accumulé vers les pôles ; car bien certainement les courans polaires ne le ramènent pas vers l'équateur. Je suppose qu'il se mêle avec l'oxigène dans les proportions qui constituent le gaz tonnant, et que ce gaz est réductible par un froid excessif. Les petites aiguilles de l'air polaire pourraient, dans ce cas, être dues à la régénération du gaz tonnant.

d'obliquité, une masse fluide d'une densité égale à celle de la couche la plus dense.

Cette vérité mathématique est la base de l'explication que je vais donner.

On considère avec raison l'atmosphère comme composée de couches de densités décroissantes du centre à la circonférence; mais on doit aussi considérer l'atmosphère comme composée de tranches ou colonnes de densités croissantes de l'équateur aux pôles. Toutes ces colonnes sont verticales, c'est-à-dire, dirigées vers le centre de la terre; tandis que les rayons de la lumière, parallèles entr'eux, sont perpendiculaires au plan de l'horizon.

Les rayons tombent donc toujours obliquement sur les tranches verticales situées entre les pôles et les tropiques.

L'effet nécessaire de cette obliquité d'incidence, est de dévier la lumière dans la direction de l'équateur aux pôles. La déviation sera croissante comme la densité des tranches; et le résultat total de la déviation devra toujours, d'après Newton, être égal à celui qui aurait été produit sous la même obliquité par une masse d'air d'une densité égale à celle de la plus dense des tranches que le rayon a traversées. Or, comme il est évident qu'un rayon qui déborde l'horizon près de la surface du pôle, traverse la plus dense et la plus réfringente de toutes les tranches d'air, la déviation définitive de ce rayon doit se trouver dès lors proportionnelle, et à la densité de cette tranche, et au degré d'obliquité de la première des tranches sur laquelle il est tombé.

Le degré de densité de cette première tranche étant

indifférent, je puis la supposer plus ou moins éloignée du pôle ; je l'ai placée dans la figure à une distance égale du pôle et de l'équateur. La série des tranches verticales V, placées par rapport aux rayons solaires sous le même degré d'obliquité, forme deux petits cercles qui coupent la sphère en trois segmens ; savoir : le segment équatorial qui contient l'air ordinaire, et les deux segmens polaires qui contiennent l'air éminemment réfringent auquel est dû le phénomène de l'aurore boréale.

Les plus belles aurores boréales qui aient été observées, étant celles dont M. de Maupertuis a eu le spectacle à Tornéo sous le cercle polaire, pendant l'hiver de 1733, je suppose l'observateur placé à Tornéo au point M' le jour du solstice d'hiver, au moment où le soleil se trouve au méridien de l'hémisphère inférieur.

L'horizon a, dans ce cas, un de ses points commun avec un des points du cercle polaire boréal, qui se trouve au nord de l'Amérique, et l'autre avec un des points du cercle polaire austral, qui se trouve au sud de l'Afrique.

Deux espèces de rayons débordent le pôle boréal, le rayon P qui représente les trois espèces de rayons que j'ai décrits dans le chapitre de la lumière zodiacale, c'est-à-dire, les rayons plus ou moins divergens et ceux qui sont parallèles ou faiblement convergens : rayons qui sont toujours ou presque toujours blancs ; et le rayon R qui est le rayon fondamental des grands mouvemens de l'aurore boréale.

Ce rayon R qui aurait dû tomber sur la surface de la terre est détourné de sa route, d'abord par l'effet de son incidence oblique sur la tranche verticale V qui le réfracte vers le nord, et ensuite par son émergence à

travers la courbe atmosphérique qui le réfracte en sens contraire. Sa direction définitive vers le point A, étant peu différente de sa direction primitive, ce rayon doit également être blanc, ou très-peu coloré.

Tous les rayons qui tomberont sur la continuation du plan vertical V, éprouveront le même effet que le rayon R.

Si la couche la plus dense de toutes celles que traverseront ces rayons débordés, avait une densité égale à la densité de la couche la plus dense traversée par le rayon R, ils convergeraient tous vers un axe commun; mais comme l'air du segment polaire diminue graduellement de densité à mesure qu'il se rapproche du segment équatorial, les rayons débordés, plus attirés dans la direction vers le pôle que dans la direction vers l'équateur s'inclineront vers le rayon R ; et leur inclinaison sera d'autant plus sensible qu'ils en seront plus éloignés, ou, ce qui revient au même, que la continuation de la tranche circulaire V sera plus rapprochée de l'horizon.

C'est de l'ensemble de ces rayons dirigés vers la région du ciel A, qu'il se formera dans cette région un spectre lumineux qui forme le caractère principal des aurores boréales.

J'ai figuré du côté du pôle austral la même tranche verticale V', le même rayon P', et le même rayon R', qui devront produire les mêmes effets lorsque le soleil se trouvera au solstice de l'été boréal ; mais comme il est alors au solstice de l'été austral, le rayon P' et le rayon R' doivent tous deux traverser le segment austral en suivant la loi générale ; c'est-à-dire, que le rayon P' qui tombe trop obliquement sur la sphère aérienne, sera divergent, ou très-peu convergent, et que le rayon R'

qui est moins oblique et qui traverse un air plus réfringent, sera fortement réfracté vers l'axe commun du soleil et de la terre.

Le rayon R' sera d'ailleurs comme le rayon R un rayon fondamental, vers lequel s'inclineront tous les rayons qui traverseront le segment polaire austral, si l'air que ces rayons traversent est moins dense que l'air du pôle.

Il n'est pas inutile d'observer que l'aplatissement de la terre est cause que les rayons qui la débordent du côté du pôle, sont en plus grand nombre que ceux qui la débordent du côté de l'équateur, et que les rayons qui rasent le pôle étant réfractés par un segment qui appartient à une plus grande sphère, ont leur foyer un peu plus éloigné, toutes choses égales, que les rayons plus rapprochés de l'équateur.

Cette théorie qui n'a rien d'hypothétique suffit pour expliquer le phénomène principal et tous les phénomènes accessoires.

L'aurore boréale ne commence que trois ou quatre heures après le coucher du soleil. On aperçoit vers le septentrion un brouillard obscur, et un crépuscule vers l'ouest : le brouillard paraît ordinairement sous la forme d'un segment dont l'horizon fait la corde, mais on l'a vu quelquefois parallèle à l'horizon et formant une traînée plus haute en certains endroits et plus basse dans d'autres. Sa hauteur, dans nos climats, n'excède jamais quarante degrés. Il n'a aucun mouvement propre, si ce n'est un mouvement très-lent vers l'ouest. La hauteur de l'un de ces segmens dont la parallaxe a été observée, a été éva-

lnée à 250 lieues au-dessus de la surface de la terre.

Une lumière blanche entoure toujours le segment ; mais elle ne paraît que progressivement, commence du côté de l'ouest, et finit du côté de l'est.

A minuit, le segment est entièrement éclairé, et c'est toujours à minuit que cette lumière et tous les phénomènes de l'aurore boréale paraissent dans leur plus grand éclat. Ils croissent et décroissent dans le même ordre, et leur durée après minuit est ordinairement égale à leur durée avant minuit.

Il s'élève des jets de lumière de l'arc lumineux ; il s'en élève aussi du segment obscur où il se fait des brèches qui restent lumineuses. Les jets sont plus larges vers la base, et montent en se rétrécissant graduellement jusqu'à leur sommet.

Ces jets sont quelquefois permanens, quelquefois ils s'éteignent et sont remplacés par d'autres, et dans ce cas, on voit une fumée noire à la place qu'occupaient les jets.

Tous ces jets se dirigent vers le même point du ciel, et leur réunion forme une couronne au zénith.

Cette couronne décline toujours de quelques degrés vers le midi. Quelques observateurs l'ont vu décliner vers l'est au commencement du phénomène ; mais, à la fin du phénomène, elle décline toujours vers l'ouest. Lorsque les jets ont disparu, la couronne subsiste encore, mais elle ressemble alors à un nuage blanc ou à un crépuscule.

La lumière de l'aurore boréale est quelquefois blanche et quelquefois colorée.

Il arrive quelquefois qu'il ne s'élève aucuns jets, ni de l'arc lumineux, ni du segment obscur ; et quelquefois

aussi il s'élève des jets, sans qu'il y ait ni segment obscur, ni arc lumineux.

On voit quelquefois, pendant la durée du phénomène, un second arc lumineux se former dans l'intérieur du premier, et même un troisième dans l'intérieur du second; et lorsqu'il se forme des brèches dans l'intérieur du segment, ces brèches sont ordinairement disposées en arc. Les arcs sont toujours concentriques.

Tous ces détails relatifs aux aurores boréales qui ont paru dans nos climats, en deçà du 55.e degré de latitude, sont décrits dans Grégoire de Tours, Muschembroëck et spécialement dans le *Traité de l'aurore boréale* par de Mairan.

On ne connaissait alors les aurores boréales des régions polaires que par les récits de quelques voyageurs suspects d'exagération : mais lorsqu'en 1732, des géomètres Français se transportèrent en Laponie pour y mesurer un arc du méridien, Maupertuis, l'un d'eux, qui passa l'hiver à Tornéo, sous le cercle polaire, eut le loisir d'y observer ce phénomène.

« Dès que les nuits, dit-il, commencent à être obscures, des feux de mille couleurs et de mille figures, dédommagent cette terre de l'absence du soleil ».

« Ces feux n'ont pas de situation constante, comme dans nos pays méridionaux. Quoique l'on voye souvent un arc d'une couleur fixe vers le nord, ils semblent cependant occuper indifféremment tout le ciel.

« Ils commencent quelquefois par former une grande écharpe d'une lumière mobile, qui a ses extrémités dans l'horizon et qui parcourt rapidement les cieux par un mouvement semblable à celui du filet des pêcheurs,

conservant dans ce mouvement assez sensiblement la direction perpendiculaire au méridien.

« Le plus souvent après ces préludes, toutes ces lumières viennent se réunir au zénith, où elles forment le sommet d'une espèce de couronne.

» Souvent des arcs semblables à ceux que nous voyons en France vers le nord, se trouvent situés vers le midi. Souvent il s'en trouve vers le nord et vers le midi tout ensemble. Leurs sommets s'approchent pendant que leurs extrémités s'éloignent en descendant vers l'horizon. J'en ai vu d'ainsi opposés dont les sommets se touchaient presque au zénith.

» Les uns et les autres ont souvent au-delà plusieurs arcs concentriques.

» Ils ont tous leurs sommets vers la direction du méridien avec quelque déclinaison occidentale qui ne paraît pas toujours la même et qui est quelquefois insensible.

» Quelques-uns de ces arcs, après avoir eu leur plus grande largeur au-dessus de l'horizon, se ressèrent en s'approchant, et forment en dessus la moitié d'une grande ellipse.

» On ne finirait pas, si l'on voulait décrire les figures que prennent ces lumières et tous les mouvemens qui les agitent.

» Leurs mouvemens les plus ordinaires les font ressembler à des drapeaux qu'on ferait voltiger dans l'air, et par les nuances des couleurs dont elles sont teintes, on les prendrait pour de vastes bandes de ces taffetas que nous appelons flambés ».

L'aurore boréale et toutes les singularités décrites par

Maupertuis, ne sont autre chose qu'une fantasmagorie qui se répète à chaque instant de la nuit pour quelques-uns des peuples qui habitent près du cercle polaire, et dont ils jouissent toutes les fois que la lune est sous l'horizon, ou lorsque la masse d'air qui les environne a une suffisante diaphanéité : mais le misérable Lapon est loin de se douter que son étroit horizon n'est qu'une partie imperceptible du grand théâtre que la nature a préparé pour le consoler des privations auxquels elle l'a condamné.

Ce théâtre forme d'abord un triangle dont l'œil du spectateur est le sommet, et dont l'air, embrassant plus de la moitié de la zône glaciale, s'étend dans l'hémisphère inférieur jusqu'au-delà de la moitié de la zone tempérée.

Le grand théâtre se prolonge ensuite parallèlement jusqu'au tropique austral.

Les machines sont peu nombreuses.

La première est le soleil.

La seconde est la mer du sud (1) dont les vapeurs, après s'être élevées dans les hautes régions de l'atmosphère, descendent en convergant jusqu'auprès du pôle boréal, s'y accumulent, et rétrogradant lentement, couvrent d'un brouillard glacé le nord de l'Amérique.

La dernière est une toile dont le tissu délicat se compose de vapeurs éthérées à qui la nature a donné le pouvoir de transmettre et de réfléchir la lumière. Cette

(1) Le nord de l'Europe qui reçoit les vapeurs de l'Afrique doit être moins froid et moins nébuleux que le nord de l'Amérique qui reçoit les vapeurs de la mer du Sud.

toile a pour mesure l'immensité ; et c'est elle qui forme tout-à-la-fois la voûte du théâtre, son enceinte, et le rideau de son avant-scène sur lequel doivent se peindre tous les objets obscurs ou éclairés dont l'ombre débordera l'horizon.

Ce rideau reçoit du côté du théâtre quelques faibles réflets ; les spectateurs sont plongés dans l'obscurité ; le spectacle commence.

On voit d'abord le milieu du rideau se rembrunir ; l'ombre prend peu-à-peu une forme régulière ; elle représente un segment appuyé sur l'horizon : une faible lueur se manifeste du côté de l'ouest.

Cette ombre est celle des brouillards du nord de l'Amérique, dont les premiers sommets sont alors éclairés par le crépuscule du matin : ombre qui n'est visible que parce qu'elle augmente l'obscurité du cône ombreux de la terre.

Une clarté brillante se manifeste tout-à-coup sur le bord inférieur du segment ombreux du côté de l'ouest. C'est le soleil qui se lève et qui éclaire la cime (1) des premiers brouillards.

La clarté s'étend peu-à-peu sur le contour du segment

---

(1) Lorsqu'un corps dont l'ombre se projète sur une toile demi-transparente est lui-même demi-transparent, la continuité du mouvement de la lumière est cause que l'ombre de ce corps est lumineuse dans les parties correspondantes à celles qui sont perméables à la lumière.

ombreux; et la régularité de l'accroissement de l'arc lumineux correspond à la régularité de la marche apparente du soleil.

A minuit précis, le segment ombreux est entièrement enveloppé de lumière ; il ne l'était pas quelques minutes avant minuit; il cessera de l'être quelques minutes après minuit; et cet arc de triomphe ne paraîtra qu'un instant pour indiquer le seul instant où le soleil éclaire en même temps et d'une manière égale l'horizon de l'hémisphère inférieur : horizon dont le segment polaire projète alors dans l'hémisphère opposé une ombre obscure dans son centre parce que l'air brumeux qui la cause intercepte la lumière, mais éclairée vers ses bords, parce qu'à la hauteur correspondante, la lumière le traverse. Si l'air du segment polaire, en acquérant le même pouvoir réfringent, eût conservé sa diaphanéité (ce qui arrive quelquefois) le spectateur n'eût vu à l'horizon qu'un segment éclairé semblable à celui du crépuscule.

Mais déjà l'équilibre est rompu; la bordure lumineuse diminue du côté de l'ouest; elle franchit le sommet du segment obscur; il ne reste plus à l'est qu'un point lumineux; et ce point disparaît au moment où le soleil se couche.

Le crépuscule du matin avait commencé à l'ouest, celui du soir commence à l'est; il s'éteint; et la nuit rentre dans son empire.

Pendant la durée de cette représentasion du jour inférieur, des pyramides de feu et des fantômes révêtus de brillantes couleurs se sont élancés vers le sommet de la voûte où ils ont formé une couronne lumineuse

qui s'est allumée par degrès, et dont les flammes ont brillé à minuit de leur plus grand éclat.

Cette couronne qui répand sur les enfans du nord une douce clarté, est l'image de l'astre du jour qui verse alors tous les feux du midi sur les habitans du tropique; image faible à la vérité, mais image vivante, et qui, comme le soleil lui-même, se meut dans la direction de l'orient à l'occident.

Les pyramides et les fantômes colorés sont des rayons dont la convergence vers une même région du ciel y produit une lumière continue.

« On a observé que la couronne de l'aurore boréale n'était jamais au véritable zénith, et qu'elle déclinait toujours de quelques degrés vers le sud. »

D'après les lois ordinaires de la dioptrique, les rayons débordés que la puissance réfringente du fluide polaire ramène à la convergence, devraient se réunir sur l'axe commun de la terre et du soleil; mais ce n'est pas sur cet axe qu'ils se réunissent, car la couronne, dans ce cas, s'éleverait verticalement au-dessus du tropique boréal à l'époque du solstice d'hiver, et les couronnes observées alors par Maupertuis sous le cercle polaire, auraient été vues plus près de l'horizon que du zénith.

Le rayon R, dont j'ai indiqué la marche au commencement de ce chapitre, est la ligne vers laquelle les rayons de l'aurore boréale doivent se diriger tous.

La lumière qui traverse les bords d'une sphère ne converge sur l'axe que lorsqu'aucune cause ne la dévie. La déviation vers le pôle que les rayons éprouvent à cause de leur incidence oblique sur un milieu de densité crois-

sante dans la direction de l'équateur aux pôles, est une puissance à laquelle ils doivent obéir; et comme ils sont attirés à-la-fois vers le pôle de la terre et vers l'axe commun de la terre et du soleil, ils doivent suivre dans leur route une diagonale entre les deux puissances, et se rapprocher plus ou moins du pôle ou du tropique, suivant la prépondérance de l'une ou de l'autre de ces deux causes perturbatrices.

« Il arrive quelquefois que l'aurore boréale est vue dans un pays, et qu'elle n'est point vue dans un pays voisin. »

Il en est de l'aurore boréale comme de l'arc-en-ciel, et chaque spectateur voit une aurore boréale différente. Une ligne tirée du centre du soleil à l'œil du spectateur, à minuit, doit toujours passer par l'axe vertical de l'ellipse à laquelle appartient l'arc lumineux. La plus légère différence de longitude dans la situation de deux pays voisins, suffit dès lors pour que l'un d'eux puisse jouir du spectacle d'une aurore boréale, tandis que l'autre en est privé; mais si deux pays, situés sous le même méridien, ne diffèrent en latitude que d'un petit nombre de degrés, la même aurore boréale sera visible dans les deux pays, pourvu, toutefois, que l'air y soit également diaphane; car si, dans l'un de ces deux pays, l'air n'a pas la transparence suffisante pour pouvoir distinguer la voie lactée, on aura beaucoup de peine à distinguer les arcs lumineux, les jets et sur-tout la couronne, de l'aurore boréale.

« Dans les aurores boréales de nos climats, le phénomène de la couronne a été rarement observé; et l'on y a vu

assez fréquemment des segmens obscurs entourés d'arcs lumineux qui ne produisaient aucuns jets. »

La couronne ne peut se manifester que lorsque les jets sont très-abondans et partent à-la-fois visiblement ou invisiblement d'un très-grand arc de l'horizon.

Les jets eux-mêmes, ou constans ou alternatifs, sont un phénomène accidentel qui suppose ou des inégalités dans l'opacité du fluide polaire, ou des déplacemens successifs dans les parties de ce fluide, qui sont perméables à la lumière ou qui le deviennent pendant le cours du phénomène.

Les jets ne sont pas toujours composés de rayons convergens. Les rayons qui s'échappent par l'issue momentanée que leur présente le brouillard, peuvent être quelquefois perpendiculaires, ou même faiblement divergens, ce qui pourra diminuer, mais ce qui ne détruira pas leur forme pyramidale ; parce qu'un corps lumineux, soit directement, soit par réflexion, est toujours vu à l'horizon plus grand qu'au zénith, et parce que les jets s'élevant à une très-grande hauteur, doivent paraître plus petits à mesure qu'ils s'éloignent du spectateur.

« Après que les jets ont disparu, la couronne est encore visible sous la forme d'un crépuscule. »

La couronne est alors produite par des jets très-nombreux et très-rares, qui font invisiblement la route qui les conduit de l'horizon à la couronne.

« Les couronnes ne forment point un foyer lumineux, tel que celui qui devrait résulter du croisement des rayons

qui produisent le phénomène des jets. La lumière de la couronne se manifeste en forme de nuage, et elle est éparse dans une vaste région du ciel. »

La couronne n'est pas le résultat d'un seul ordre de rayons, mais celui d'une multitude de rayons qui appartiennent à toutes les aurores boréales voisines, et qui se croisent dans des directions qui ne sont qu'approximatives.

J'evalue à cinq ou six mille lieues au moins, la hauteur à laquelle se trouve placée la région du ciel d'où part la lumière de la couronne, et cette évaluation est fondée sur ce que les sphères diaphanes les plus réfringentes que nous connaissions, ont le foyer des parallèles situé à un demi-diamètre de distance, et qu'il n'est pas à présumer que la puissance réfringente de l'air des pôles soit assez forte pour faire tomber les rayons à cette proximité. (Voyez ci-après, le chapitre de l'*aurore australe.*)

« Il paraît quelquefois deux ou trois arcs lumineux. »

Nous voyons assez souvent dans nos climats des couches de nuages suspendus à différentes hauteurs, et ce phénomène doit arriver beaucoup plus souvent dans les régions polaires.

Les vapeurs que les courans équatoriaux y portent étant produites par la chaleur solaire, s'élèvent avec plus d'abondance pendant que le soleil est voisin du méridien que lorsqu'il est voisin de l'horizon; elles s'élèvent en plus grande quantité dans certains jours que dans d'autres; et elles sont à-peu-près nulles pendant la nuit.

La chute de l'air vaporeux dont le refroidissement occasionne les brouillards humides ou glacés des régions polaires, doit donc éprouver des interruptions fréquentes, et il n'est pas étonnant que la grande nappe qui couvre les segmens polaires, soit quelquefois divisée en deux ou trois étages.

Les brouillards les plus élevés reçoivent, dans ce cas, les premiers rayons du soleil, et c'est toujours par l'ombre de leur sommet que commence le phénomène, pendant la durée duquel l'arc ou les arcs inférieurs se manifestent.

S'il arrive que le brouillard supérieur s'appuie par divers embranchemens sur le brouillard inférieur, ce qui est un cas ordinaire, les intervalles formeront des passages que traversera la lumière lorsqu'elle se trouvera perpendiculaire, ou à-peu-près, c'est-à-dire, aux environs de minuit; et il partira alors de l'intérieur des brouillards des jets qui paraîtront partir de l'intérieur de leur ombre. Si le courant de lumière est abondant et continu, les jets seront continus; s'il est continu et peu abondant, on apercevra dans le segment ombreux des brèches lumineuses plus ou moins variables dans leur forme, mais qui conserveront presque toujours dans leur série, la forme d'un arc concentrique à l'arc lumineux. De Mairan n'en a pas fait l'observation; mais cette singularité remarquable se trouve dans les planches gravées à la suite de son ouvrage; et la chose doit être ainsi, car les couches nébuleuses et les intervalles qui les séparent, doivent suivre à-peu-près l'ordre des densités, et la courbure des arcs ombreux ou lumineux doit être le plus or-

dinairement la représentation de la courbure de la terre.

» Les aurores boréales, rares dans nos climats pendant l'hiver, sont encore plus rares pendant l'été. L'époque la plus favorable à ce phénomène est celle qui suit l'équinoxe d'automne, ou celle qui précède l'équinoxe du printemps. La première est la plus favorable des deux. »

On conçoit facilement pourquoi, pendant l'été, il n'y a pas d'aurore boréale dans les pays où les nuits ne forment qu'un long crépuscule.

Mais en France, en Hollande, et même en Suède, les nuits d'été sont assez longues pour que les aurores boréales pussent y être observées, s'il en existait en effet.

Il y a donc, à cet égard, une autre raison que la courte durée des nuits.

Les seules nébulosités qui puissent produire une aurore boréale, sont celles qui s'appuient sur l'horizon de l'hémisphère éclairé; et comme pendant l'été c'est la partie de la zone glaciale située au nord de l'Europe, qui se trouve à l'horizon, la source des aurores boréales se trouvant alors plus rapprochée du midi de l'Europe, ce phénomène devrait y être plus fréquent. Pourquoi est-il plus rare alors? Pourquoi est-il rare encore pendant les equinoxes, époque à laquelle le pôle lui-même se trouve à l'horizon?

Je dois résoudre ces deux difficultés.

Lorsque le soleil est au nord de l'équateur, il s'élève d'abondantes vapeurs, non seulement dans nos régions tempérées, mais encore dans la zone glaciale elle-même.

Si le soleil est plus oblique à mesure qu'on approche du pôle, il reste plus long-temps visible, et la chaleur qu'on éprouve dans quelques pays voisins du cercle polaire, est souvent plus insupportable que celle des climats méridionaux. Les vapeurs des régions équatoriales doivent dès lors trouver, pendant l'été, un obstacle à leur écoulement vers le pôle boréal qui, à cette époque, se trouve encombré de ses propres vapeurs.

Mais, à cette même époque, le pôle opposé attire les vapeurs équatoriales par le vide résultant d'une congellation rapide.

C'est donc, ainsi que je l'ai dit, au-dessus de l'hémisphère ou règne l'hiver qu'elles doivent s'écouler; et elles doivent produire alors, par l'effet de leur masse accumulée et refroidie, les vents polaires : vents qui, pendant l'hiver, soufflent en effet avec impétuosité, et dont la source ne peut être alimentée que par les courans confluens qni descendent des hautes régions de l'équateur.

Cette circulation est quelquefois troublée à la surface de la terre par la réaction de l'air des régions tempérées que le vent polaire a entraîné; mais le vent polaire refoulé dans ce cas vers le pôle, s'ouvre une nouvelle route, soit latéralement, soit à travers la moyenne région; et toujours attiré vers l'équateur par le vide qu'y produit le courant ascendant, il y arrive enfin, et manifeste, par l'inertie qu'il n'a perdue qu'en partie, le phénomène des vents alisés.

Cependant l'hiver s'adoucit dans les régions australes; la congélation y devient plus lente, et les courans équatoriaux y versent moins de vapeurs.

D'un autre côté, le soleil, quoiqu'éclairant toujours le

pôle boréal, s'est rapproché de l'horizon, et ses rayons devenus trop obliques ne peuvent plus maintenir dans leur état de dilatation les vapeurs qu'il avait élevées; elles se condensent, se glacent, et forment un vide qui détermine la dérivation d'une partie du courant équatorial.

L'équinoxe d'automne survient. Les ondulations des grandes marées atmosphériques soulèvent, agitent et confondent entr'elles les couches des diverses régions de l'air. Les vapeurs équatoriales refroidies par ce mélange se condensent; leur poids accidentellement augmenté les entraîne vers la terre; l'air des hautes régions se précipite avec elles sur la surface des zones tempérées, et produit par l'excès de sa force centrifuge un vent impétueux qui vient toujours alors du côté de *l'ouest* : ce phénomène périodique redouté des marins a été appelé par eux le *coup de vent de l'équinoxe*.

Les tempêtes de l'équinoxe sont rarement de longue durée, et les remous qu'elles occasionnent produisent les vents faibles et variables qui font la transition ordinaire de l'été à l'hiver dans les climats tempérés. C'est pendant cet intervalle, et lorsque nous jouissons des beaux jours de l'automne, que le pôle boréal, pour qui l'hiver commence, reçoit de nouveau et avec plus d'abondance les vapeurs de la zone torride; elles s'y accumulent et forment une nappe immense qui couvre les régions glaciales. L'horizon, à cette époque, n'est pas éloigné du pôle, et les aurores boréales visibles alors dans nos climats qui ne sont éloignés que de 45 à 50 degrés de la partie de l'horizon où se trouve le fluide refringent, sont plus belles et plus fréquentes que dans aucune autre saison de l'année.

A mesure que le soleil descend vers le tropique austral, les brouillards se convertissent en neige. Le vide opéré par la condensation attire de nouvelles vapeurs : la grande circulation commence : le vent du *nord* qui souffle dans la direction de tous les méridiens et qui paraît *nord-est* à cause de sa moindre force centrifuge, entraîne avec rapidité les masses d'air descendues de l'équateur. La cause des aurores boréales n'est pas beaucoup moins puissante qu'auparavant ; mais elle s'est éloignée de nous ; et la courbure de la terre s'oppose à ce que les aurores boréales soient visibles pendant l'hiver.

Le vent du nord s'affaiblit vers le milieu de février, et l'air des zones tempérées reflue vers le pôle. Les vapeurs équatoriales s'y accumulent de nouveau, et les aurores boréales reparaissent, mais moins belles et moins fréquentes qu'après l'équinoxe d'automne, parce qu'à cette dernière époque, la masse des vapeurs de l'équateur se trouvait augmentée de toute la masse des vapeurs que le soleil de l'été boréal avait élevées dans les régions polaires.

L'équinoxe du printemps produit le même effet que l'équinoxe d'automne, et rétablit les choses dans leur premier état.

» Il arrive quelquefois que les aurores boréales sont vues pendant plusieurs nuits consécutives. Muschembroëck en a observé dix de suite dans l'année 1734. »

Une cause constante doit produire un effet constant ; les aurores boréales ne sont vues dans nos climats que lorsque, par l'effet de l'interruption des courans polaires

et de la stagnation des vapeurs produites par cette interruption, le pouvoir réfringent du fluide polaire se trouve augmenté d'une manière extraordinaire ; si cet état se soutient pendant plusieurs jours, les aurores boréales se succéderont sans interruption, et elles pourront être observées lorsque l'air des pays où se trouve l'observateur conservera sa diaphanéité.

» L'aurore boréale est quelquefois blanche et quelquefois colorée. »

L'aurore boréale est blanche, lorsque les rayons solaires qui la produisent sont divergens ou faiblement convergens.

On a vu que ces rayons étaient de deux sortes, les rayons P et les rayons R.

Les rayons P qui sont le plus ordinairement divergens, et qui ne peuvent jamais avoir qu'une très-faible convergence, sont ceux qui traversent l'horizon polaire dans ses régions élevées. La blancheur de ces rayons P qui forment l'arc ou les arcs lumineux, reste toujours la même.

Les rayons R qui sont toujours plus ou moins convergens, ont une coloration plus ou moins sensible ; mais ceux d'entr'eux qui passent près du pôle de la terre étant les moins déviés, sont aussi les moins colorés.

A l'époque du solstice d'hiver, le fluide réfringent du pôle couvre les deux tiers de la zone tempérée, et les rayons qui tombent dans le voisinage du tropique boréal, éprouvent eux-mêmes quelquefois l'effet de l'inflexion qui les dévie dans la direction du pôle. Maupertuis qui se trouvait à Tornéo à l'époque du solstice d'hi-

ver, a vu à cette époque des jets colorés du côté de l'est et du côté de l'ouest; au lieu que dans les aurores boréales de nos climats, la saison se trouvant plus voisine de l'époque de l'équinoxe doit nécessairement renfermer les jets entre le nord-est et le nord-ouest.

» La particularité la plus remarquable des aurores boréales observées par Maupertuis, est la grandeur et la mobilité de certains arcs lumineux, pendant que l'arc fondamental reste stationnaire. »

A mesure que l'hiver devient plus rigoureux, les courans polaires qui refluent en plus grande masse vers le midi, forcent les courans équatoriaux de s'élever; et comme ces courans sont convergens, la masse produite par leur réunion et qui doit réparer le vide résultant de l'écoulement des courans polaires, se condense, forme des brouillards et tombe avec rapidité.

Le soleil qui, à Tornéo, ne se lève pas le jour du solstice, ne produit cependant les premières lueurs de l'aurore boréale, qu'après qu'il a franchi une ligne tirée de l'est à l'ouest. Avant que le crépuscule particulier qui précède l'aurore boréale du côté de l'ouest ne se fasse apercevoir, l'ombre des brouillards de la haute région se projetant successivement à travers le cône ombreux de la terre, en augmente l'obscurité; et comme ces brouillards sphériques, toujours plus denses vers leur base et vers leur milieu que vers leur sommet et leurs bords, sont entourés de lumière; cette lumière est manifestée par leur ombre, et il en résulte l'arc faiblement lumineux auquel Maupertuis donne le nom d'*écharpe*.

L'écharpe paraît *tout-à-coup* au zénith *et dans son plus grand diamètre*, parceque le brouillard qui descend des hautes régions de l'air, ne peut projeter une ombre visible que lorsqu'il est suffisamment rapproché de la terre, pour que ses vapeurs se condensent.

On voit l'écharpe descendre rapidement vers l'horizon, parce que le brouillard attiré par le vide résultant de la rapidité des vents polaires, descend lui-même rapidement.

On voit enfin l'écharpe se resserrer comme *le filet du pêcheur*, parce que l'écharpe qui borde l'ombre doit diminuer comme l'ombre elle-même; et que l'ombre doit diminuer à-la-fois dans toutes ses dimensions, à mesure que le nuage qui la produit s'écoule en changeant de forme.

Au moment où ce phénomène se manifeste, le soleil se trouve à *l'ouest*, puisque l'aurore boréale n'est pas encore commencée; le mouvement de l'écharpe vers l'horizon doit avoir lieu dans la direction de *l'est à l'ouest*, et conséquemment dans une direction *perpendiculaire au méridien.*

Le même phénomène doit se renouveler pendant toute la durée des aurores boréales; mais comme alors le ciel est éclairé par les jets et les arcs lumineux fixes, les lueurs plus fortes éteignent les lueurs plus faibles, et les écharpes mobiles sont plus difficilement aperçues.

Maupertuis n'a pas dit précisément que les écharpes mobiles grandissentt rapidement jnsqu'au zénith où elles disparaissent. Mais comme il dit que les lumières qui sont le prélude de l'aurore boréale parcourent le ciel dans toutes les directions, il y a lieu de présumer que ce

mouvement des écharpes, absolument contraire à celui du filet du pêcheur, a lieu quelquefois, non seulement dans une direction perpendiculaire au plan du méridien, mais dans des directions plus ou moins obliques à ce plan. Tous ces effets de lumière peuvent avoir lieu, suivant la position du soleil et selon que les brouillards de la haute région sont entraînés par le vent dans une direction ou dans une autre. Si, dans l'hémisphère inférieur, le vent du nord les élève au-dessus de l'horizon, l'écharpe paraîtra tout-à-coup au zénith, et si, au contraire, le vent du sud leur fait franchir l'horizon, l'écharpe s'élevera vers le zénith.

Pendant les aurores boréales de nos climats, les arcs lumineux ne s'élèvent pas au-delà de 40 degrés, et l'on n'aperçoit jamais ni les grands arcs voisins du zénith, ni les écharpes mobiles. Cette différence doit être attribuée uniquement à l'extrême diaphanéité de l'air des régions situées sous le cercle polaire du nord de l'Europe à l'époque des grandes gelées: diaphanéité attestée par tous les voyageurs, et d'après laquelle on ne doit pas s'étonner que de faibles lueurs, invisibles en Suède, aient été aperçues à Tornéo.

« Avant 1707, les aurores boréales étaient rares en Suède : elles y sont fréquentes depuis cette époque. »

Les vapeurs équatoriales ne tombent pas toujours sur les mêmes régions, et lorsque le fluide vaporeux change de lit, les aurores boréales doivent changer de direction.

« Il résulte des ouvrages des anciens que, de leur temps, les aurores boréales étaient communes en Grèce et en Italie. On n'en voit presque plus aujourd'hui. »

Les eaux de la mer, des lacs et des fleuves étaient beaucoup plus élevées il y a trois mille ans, qu'elles ne le sont aujourd'hui; et la croûte de la terre que les eaux du déluge avaient entièrement couverte douze siècles auparavant, devait être encore très-humide à cette époque. L'Afrique, l'Europe et l'Asie pouvaient donc verser alors une plus grande quantité de vapeurs sur les régions polaires situées au nord de l'Europe.

Les auteurs qui parlent de ces phénomènes fréquens, ne disent pas quelle était la saison dans laquelle ils avaient lieu. Il est probable que c'était peu de temps après l'équinoxe de printemps, ou peu de temps avant l'équinoxe d'automne.

Mais l'humidité de la terre, plus grande autrefois qu'aujourd'hui, n'est pas la principale cause du changement de direction des aurores boréales; et c'est, sans doute, une chose remarquable que les mêmes vapeurs qui se portent alternativement vers le pôle austral et vers le pôle boréal, se portent toujours, depuis un siècle, non-seulement dans la région de la zone glaciale, qui est au nord de l'Amérique, mais encore dans la partie de cette région qui se trouve dans la direction du méridien de la Suède. Je soupçonne que le gouffre dans lequel se précipitent avec plus d'abondance les vapeurs équatoriales, est le même que celui par lequel le courant magnétique boréal se dirige vers le centre de la terre. Il paraît, en effet, naturel de penser que la région sur laquelle ce gouffre est ouvert, présente à la chute des vapeurs moins de résistance que les autres. Si cette conjecture était fondée, la déclinaison graduelle du courant magnétique vers l'ouest, qui a eu lieu depuis deux siècles, serait la

cause à laquelle on devrait attribuer la désertion des aurores boréales de Grèce et d'Italie, et leurs apparitions fréquentes en Suède, qui n'ont commencé qu'à l'époque où la déclinaison de l'aiguille vers l'ouest est devenue très-sensible.

De l'aurore australe.

354. Il se mêle souvent à l'aurore boréale des lueurs méridionales.

D'après la description faite par Maupertuis des aurores boréales dont il a eu le spectacle habituel à Tornéo pendant l'hiver de 1733, il n'est pas douteux que les lueurs méridionales ne soient de même nature que les lueurs boréales.

Maupertuis a vu souvent, vers le sud, un ou plusieurs arcs lumineux qui avaient, à peu de chose près, la même immobilité que l'arc ou les arcs que l'on voit presque toujours au nord, pendant les aurores boréales.

Il a vu du côté du midi, comme du côté du nord, de grandes écharpes lumineuses qui s'élevaient jusqu'au zénith; et les jets lumineux qui partaient de l'hémisphère austral, semblables par la forme et par les couleurs à ceux qui partaient de l'hémisphère boréal, se dirigeaient vers la même partie du ciel.

La seule différence qui ait été observée, pendant la durée d'une même aurore boréale, entre les lueurs du midi et celles du septentrion, c'est que celles-ci étaient toujours plus brillantes que les autres.

On conçoit que les mêmes clartés qui ont lieu vers le

nord, lorsque le soleil est dans l'hémisphère austral, se manifestent dans les régions australes, lorsque le soleil est dans l'hémisphère boréal. Mais il n'est pas aussi facile de concevoir comment il est possible que les rayons solaires qui débordent le pôle austral, puissent contribuer à la beauté des aurores boréales de la Laponie ou du Groenland.

Lorsque le soleil est à l'équateur, les rayons P et P' tombant perpendiculairement sur les deux extrémités d'un plan horizontal qui passe par les deux pôles, et qui ne peuvent les éclairer qu'après avoir traversé très-obliquement l'atmosphère, doivent, s'ils sont convergens, se réunir sur l'axe commun de la terre et du soleil.

La position oblique du soleil à l'époque du solstice d'hiver, ne produirait, à cet égard, d'autre changement que de déplacer la couronne lumineuse qui, au lieu d'être perpendiculaire à l'équateur, serait perpendiculaire au tropique boréal; et comme aucune couronne lumineuse n'a été observée ni sous l'équateur, ni sous les tropiques, il y a lieu de croire que les rayons P et P' sont des rayons divergens, ou des rayons qui n'ont qu'une faible convergence.

Les rayons R et R' obéissent à des lois particulières.

J'ai indiqué la marche que devait suivre le rayon R de l'aurore boréale; il tombe obliquement sur une tranche verticale du fluide polaire, et la densité croissante de ce fluide, dans la direction de l'équateur au pôle, détermine une première déviation de ce rayon qui, lorsqu'il sort ensuite obliquement de la sphère aérienne, est dévié en sens contraire et doit, dès lors, recouvrer, en tout ou en partie, sa blancheur primitive; et j'ai dit aussi que c'était

vers ce rayon fondamental que devaientt s'incliner les rayons latéraux qui débordaient le globe de la terre dans toute l'étendue du segment polaire.

Les rayons P'. de l'aurore australe, semblables aux rayons P de l'aurore boréale, produisent une lueur uniforme qui doit sa visibilité à la noirceur de l'ombre qu'elle coupe, soit par un arc, soit par plusieurs arcs concentriques; mais ces rayons P et P' qui continuent leur route invisiblement, ne produisent aucun jet de lumière. Tous les jets, soit blancs, soit colorés, observés du côté du nord, sont dus aux rayons R qui restent invisibles tant que les brouillards polaires conservent leur opacité, et qui ne se manifestent, sous la forme de jets, que lorsqu'il se forme, dans les brouillards, des intervalles perméables, ou lorsque la lumière, devenue plus perpendiculaire à mesure que le soleil approche du méridien, traverse les mêmes brouillards qu'elle ne pouvait traverser obliquement.

Le rayon R' de l'aurore australe ne suit pas tout-à-fait la même loi que les rayons R de l'aurore boréale, parce qu'à l'époque de notre solstice d'hiver, le soleil est en permanence sur les régions australes, et que, dès lors, le rayon R' n'éprouve pas l'effet qu'éprouve le rayon R en tombant sur la tranche verticale V, et n'est point dévié comme lui dans la direction de l'équateur au pôle.

Le rayon R' conserve donc son parallélisme avec le rayon P'; mais comme il passe plus près que lui de la surface de la terre et qu'il traverse la partie la plus dense du fluide polaire austral, il est réfracté vers l'axe commun dont le rayon P' s'écarte plus ou moins.

Mais le rayon R' est à l'égard des rayons latéraux du segment polaire austral, ce que le rayon R est pour les rayons latéraux du segment polaire boréal, et l'accroissement graduel de densité de l'air dans la direction de l'équateur aux pôles, force toujours la totalité des rayons qui ont traversé les segmens polaires à s'incliner vers le rayon R ou R'.

L'aurore australe, lorsqu'elle peut être vue dans les régions boréales, doit donc présenter, à peu de chose près, les mêmes accidens de lumière que l'aurore boréale.

Je dois me hâter, à cet égard, de prévenir une objection.

Comment est-il possible, me dira-t-on, que Maupertuis ait vu en Laponie, pendant les nuits du mois de janvier, des aurores australes qui n'ont été vues par aucun des peuples nombreux placés sous le même méridien, tant en Europe qu'en Afrique?

Deux raisons expliquent cette singularité.

La première est la diaphanéité extraordinaire de l'air de la Laponie, pendant les nuits claires de l'hiver.

Et la seconde est la nature des rayons convergens dont chacun en particulier est trop rare pour produire une réflexion sensible, mais qui deviennent visibles lorsque la convergence les a suffisamment rapprochés.

La première de ces raisons est la seule qui puisse expliquer la visibilité des arcs lumineux ; mais elle concourt, avec la seconde, pour expliquer la visibilité des jets qui partent du midi et de la partie de l'horizon de l'hémisphère inférieur comprise entre le sud-est et le sud-ouest.

En suivant, sur la figure, la marche du rayon R' vers

lequel convergent tous les rayons latéraux du segment austral, on voit qu'après avoir coupé l'axe commun à la distance d'un demi-diamètre de la terre, il continue sa route vers le nord et qu'il doit se réunir au rayon boréal R à la distance de trois ou quatre demi-diamètres de la terre, en se perdant avec lui dans la région lumineuse désignée sous le nom de couronne.

L'observateur distinguera d'autant plus clairement les rayons de l'aurore australe, qu'ils s'éleveront davantage au-dessus de l'horizon, parce que leur rapprochement graduel du rayon central R' les rendra de plus en plus visibles.

Le point du ciel où il est le plus difficile de les apercevoir est l'horizon, parce qu'ils y sont alors non seulement plus rares, mais encore plus éloignés de l'observateur. Celui où ils seront le plus rapprochés de l'observateur, se trouvera vers l'angle de 45 °, et comme à cette distance ils ne sont que trois fois, ou environ, plus éloignés que les jets qui partent du côté du nord, leur lumière, à intensité égale, ne sera que neuf fois moindre.

A mesure qu'ils monteront vers la couronne, ils s'éloigneront de l'observateur ; mais le rapprochement des rayons entr'eux augmentera leur clarté, et formera une compensation qui diminuera l'effet naturel de l'éloignement jusqu'à ce qu'enfin la lumière australe se confonde avec la lumière boréale dans la couronne commune.

Il est aisé d'expliquer la raison pour laquelle il paraît à l'horizon, du côté du sud et dans la direction du méridien, un segment obscur environné d'un ou de plusieurs arcs lumineux.

Les régions australes sont tellement froides, qu'elles

sont couvertes de brouillards, même au cœur de l'été. Cook en a rencontré fréquemment vers le 67.e degré de latitude, et notamment un qui était tellement froid, qu'il avait gelé les voiles et les cordages.

Pendant l'été austral, le soleil toujours élevé de vingt-deux degrés au-dessus du pôle, tourne autour de ses brouillards qu'il dilate, qu'il élève, mais qu'il ne peut dissiper entièrement. Ceux qui se trouvent dans le plan de l'horizon sont quelquefois disposés par couches, et le soleil ne peut traverser les espaces intermédiaires que lorsqu'il approche du méridien. L'ombre de l'ensemble des brouillards se projète alors dans l'espace, et cette ombre ne se trouve perpendiculaire à l'horizon, que lorsque le soleil est au méridien. L'arc résultant de la perméabilité du sommet des brouillards, est toujours celui qui paraît le premier, et dont la clarté croît et décroît d'une manière régulière. Les arcs intérieurs se manifestent ensuite, mais dans le cas seulement où les brouillards sont divisés par couches. L'arc extérieur est toujours produit par des rayons divergens, mais les arcs intérieurs, surtout lorsqu'ils paraissent près de l'horizon, peuvent être produits par des rayons convergens.

Maupertuis a remarqué que tous les spectres ombreux et lumineux, soit qu'ils fussent vus au midi, soit qu'ils fussent vus au nord, déclinaient vers l'ouest à la fin du phénomène : déclinaison évidemment occasionnée par le mouvement apparent du soleil qui, dans l'hémisphère inférieur a lieu de l'ouest à l'est, et qui, à la fin du phénomène, doit toujours projeter vers l'ouest les ombres des brouillards, soit que ces ombres soient vues du côté du midi, soient qu'elles soit vues du côté du nord.

La seule différence remarquable qui existe entre les arcs vus au nord, et ceux qui sont vus au midi, c'est que la forme des premiers est sensiblement invariable, tandis que la forme des derniers est assujettie à une variation régulière. Maupertuis les a vus grandir par degrés, se resserrer, s'élever au-dessus de l'horizon, et devenir elliptiques.

Cet effet est dû à l'action du soleil qui, à mesure qu'il s'approche du méridien inférieur, raréfie et élève les brouillards du cercle polaire austral où l'été règne alors, tandis qu'il ne produit aucun effet sensible sur les brouillards du cercle polaire boréal.

Quant aux grands arcs fixes ou mobiles, dont les sommets opposés se rapprochent vers le zénith, ils sont produits par des brouillards de la haute région qui se trouvent dans le passage des rayons R et R' immédiatement après leur convergence.

» Il est question dans les mémoires de l'académie de deux *lumières méridionales*. Muschembroëck croit en avoir aperçu deux en 1738; mais la mieux observée de toutes est celle qui a été vue par Weydier entre l'ouest et le sud, le 9 octobre 1730. Elle fut visible depuis huit heures et demie jusqu'à 9 heures 47 minutes; sa forme était celle d'un arc blanc et lumineux, élevé de onze degrés au-dessus de l'horizon, et dont le diamètre était de trois degrés. »

La forme de cette lumière, l'heure où elle a paru et le point du ciel où elle a été observée, me portent à croire

qu'elle était produite par un débordement extraordinaire de la lumière australe, qui produisait un faux crépuscule de la nature de celui qui a été observé par de Mairan, et dont la forme elliptique très-allongée établit, selon moi, la transition entre le faux crépuscule et la lumière zodiacale.

Le faux crépuscule austral observé par Weydier devait s'élever à une hauteur d'autant plus grande que sa forme était plus elliptique, et l'excentricité de l'ellipse qu'il formait devait être très-considérable, puisque l'arc qui la terminait n'avait que trois degrés de diamètre sur onze degrés de hauteur.

Ce phénomène a été vu entre *l'ouest et le sud*, parce que c'était dans cette direction que se trouvait le soleil *au mois d'octobre à neuf heures du soir.*

» Pendant les aurores boréales, l'aiguille magnétique éprouve une perturbation sensible. »

Cette observation paraît bien constatée, et il n'est pas permis de douter que le fluide qui dirige les mouvemens de l'aiguille magnétique, ne soit dévié momentanément par le fluide qui cause le phénomène de l'aurore boréale.

Si nous ne connaissons pas la nature du fluide magnétique, nous sommes certains du moins que c'est un fluide très-subtil, puisqu'il traverse les corps les plus denses, et un fluide qui se meut avec une vitesse prodigieuse, puisque malgré sa subtilité il entraîne dans sa direction des corps très-pesant et qu'il faut, dès lors, qu'il compense sa subtilité par sa vitesse.

Nous sommes certains, d'un autre côté, que la lumière

est un fluide très-subtil qui se meut avec une grande vitesse.

Ces deux points de rapprochement suffisent pour prouver que la lumière et le fluide magnétique sont deux fluides analogues.

L'observation vient à l'appui du raisonnement, et puisqu'une expérience récente a démontré qu'on aimantait une aiguille en la soumettant à l'action des *rayons violets*, il n'est plus permis de douter qu'il n'existe, en effet, beaucoup d'analogie entre le fluide magnétique et la lumière.

Cette analogie est encore prouvée d'une manière plus directe par l'impulsion que l'aiguille reçoit du mouvement de la lumière diurne. Chaque jour la lumière se meut alternativement, le matin, dans la direction de l'est à l'ouest, et le soir, dans la direction de l'ouest à l'est; et l'aiguille, indicateur fidèle des perturbations que le fluide magnétique éprouve, décline le matin vers l'ouest, et le soir vers l'est.

La perturbation accidentelle qu'éprouve l'aiguille pendant les aurores boréales, n'a donc rien de surprenant, puisqu'elle est, dans ce cas, l'effet du choc accidentel de deux courans analogues.

Si, au lieu d'une simple perturbation, l'aiguille éprouvait une déviation soutenue pendant les aurores boréales, cette déviation devrait toujours avoir lieu vers l'ouest, par la raison que le courant de lumière qui produit l'aurore boréale se meut toujours de l'est à l'ouest; et ce résultat hypothétique se trouve, jusqu'à présent, conforme à l'observation, puisque la seule déclinaison extraordinaire qui

ait été observée, et qui se trouve citée par de Mairan, était de 4 degrés vers l'ouest.

Des poutres lumineuses.

355. Les anciens, et même quelques modernes, ont confondu avec l'aurore boréale, un météore auquel on a donné le nom de *flèche*, de *tonneau*, de *torches* et de *poutre*, suivant la forme qu'il affectait. Mais il existe entre ces deux phénomènes, une ligne de démarcation qui ne permet pas de les confondre; c'est que les *poutres lumineuses* se meuvent indifféremment vers tous les points du ciel, et qu'elles sont dès lors de véritables nuages qui sont ou éclairés ou lumineux par eux-mêmes.

La première supposition n'étant pas admissible, il faut nécessairement recourir à la seconde.

J'ai déjà dit et prouvé que la haute région de l'air contenait beaucoup d'hydrogène. L'hydrogène phosphoré se dégage des substances animales en putréfaction; il s'embrâse spontanément lorsqu'il est *persphosphoré*, c'est-à-dire, combiné en excès avec le phosphore; mais lorsqu'il n'est combiné qu'avec une petite quantité de phosphore, il échappe à la combustion, et s'élève dans la haute région.

Dans ce cas, la formation d'un nuage phosphorescent n'est donc pas beaucoup plus extraordinaire que celle d'un globe de feu, ou d'une étoile tombante.

Le phénomène des poutres lumineuses est devenu aujourd'hui très-rare, et la seule observation que je connaisse à cet égard, est celle qui fut faite à Marseille en 1704 par le père Labat, jésuite. La poutre lumineuse

qu'il vit à cette époque, se dirigeait vers *l'ouest*, circonstance qui serait favorable à l'opinion de ceux qui considèrent ce phénomène comme analogue à l'aurore boréale.

Le même soir et à la même heure, deux autres poutres lumineuses qui furent vues à Montpellier et dont la forme était différente, se dirigeaient aussi vers l'ouest; mais comme le père Labat observe que le vent soufflait alors du côté de l'est, cette circonstance et la variété observée dans leur forme, ne me laissent aucun doute sur la nature de ces trois nuages qui, après s'être formés dans la haute région, étaient tombés probablement dans une région moins élevée, puisqu'aucun d'eux ne fut aperçu par les habitans des villes voisines.

Quelques observateurs ont vu près de l'horizon, immédiatement après l'extinction de la lumière boréale, un ou plusieurs nuages lumineux; mais ces nuages n'étaient autre chose que des nuages ordinaires formés dans la haute région, qui étaient encore éclairés par l'aurore boréale, et qui en réfléchissaient la lumière d'une manière sensible, parce que le pouvoir réfléchissant des vapeurs est plus grand que le pouvoir réfléchissant de l'air.

De la lumière sanglante.

356. Le ciel ne présente pas toujours aux nations hyperborées, le spectacle ravissant d'une illumination prismatique; il se montre quelquefois terrible : le sang ruissèle parmi les astres; les peuples sont effrayés, et leurs chefs se croient entourés de conspirateurs.

Maupertuis fut témoin d'un phénomène de ce genre qui eut lieu à Oswer-Tornéo le 18 septembre 1733.

» On voyait, dit-il, *vers le sud*, une grande région du ciel teinte d'un *rouge* si vif, qu'il semblait que la constellation d'Orion fût trempée dans le *sang* : cette lumière, *fixe* d'abord, devint bientôt *mobile*, et après avoir pris d'autres couleurs de *bleu* et de *violet*, elle forma un dôme dont le sommet était peu éloigné du zénith vers le *sud-ouest*; et le plus beau clair de lune n'effaçait rien de ce spectacle. »

Maupertuis ajoute qu'il n'a vu que deux de ces lumières rouges qui sont rares dans le pays.

La cause qui produit ce phénomène me paraît être la même que celle qui produit les parélies (348), c'est-à-dire, un nuage composé d'un air très-dense et demi-transparent, dans l'intérieur duquel se trouvent accumulées des aiguilles de glace.

Quelques momens avant celui où la lumière sanglante fut aperçue par Maupertuis, un brouillard glacé était étendu sur une région de plusieurs degrés de diamètre située un peu en deçà de l'horizon de l'hémisphère éclairé; ce brouillard dilaté par la chaleur croissante du matin assez forte encore à l'époque de septembre, se détacha de la terre, et un vent faible qui régnait alors et qui soufflait du côté du sud, l'entraîna dans une direction voisine du pôle.

Les rayons du soleil tombant perpendiculairement sur le segment sphéroïdal que leur présentait le sommet de cet immense nuage, ont convergé vers le foyer du sphéroïde qui, franchissant les nébulosités du segment po-

laire, a continué sa route vers le nord. Les couleurs que son pouvoir réfringent avait développées, sont tombées successivement sur ces nébulosités, dans l'ordre prismatique. Or, comme le cercle rouge se trouve toujours le cercle extérieur lorsque les rayons convergens sont interceptés avant leur croisement au foyer, le cercle rouge est tombé le premier sur le fluide réfringent de l'horizon qui en augmentant la convergence des rayons rouges, a dû les rendre plus denses, et les diriger vers une région du ciel plus éloignée du pôle que celle où se forme ordinairement la couronne de l'aurore boréale.

Les rayons rouges qui ont traversé seuls le segment polaire, ont dû, d'après les lois que j'ai établies, s'incliner vers le rayon rouge central; et il est résulté de leur rapprochement une plus grande concentration; le rouge prismatique, devenu alors rouge de sang, a été réfléchi vers l'observateur qui a distingué au midi et dans la direction de la constellation d'Orion une lueur sanglante.

A mesure que le nuage réfringent s'est avancé vers le pôle, les cercles des couleurs intérieures sont tombés sur le fluide réfringent de l'horizon qui a dû les réfracter vers la même région du ciel, mais en déclinant vers le sud, parce que les couleurs qui ont succédé au rouge étant plus réfrangibles que le rouge, ont dû obéir davantage à la double puissance qui les déviait vers le sud.

La grande région rouge, qui d'abord paraissait fixe à cause de la prédominance de cette couleur et de celle de l'orangé, a dû paraître mobile lorsque le rouge s'effaçant peu-à-peu, a été remplacé par les autres

couleurs qui ont été projetées dans leur ordre naturel, puisque le *bleu* a été remarqué avant le *violet*.

Les rayons blancs ont dû paraître enfin, et ils ont paru en effet dans toute leur pureté ; leur éclat, augmenté alors par l'effet de la double convergence, n'a point été éteint par le *clair de lune ;* et il en est résulté un *dôme* dont le sommet s'est avancé graduellement *vers le zénith* et s'en est plus rapproché que les couronnes des aurores boréales, parce que, lorsque le *sommet* de la courbure du nuage réfringent a eu franchi tout-à-fait la perpendiculaire tirée du soleil à l'horizon, les rayons blancs se sont trouvés réfractés par le nuage dans la direction du *midi* au *nord* ; ce qui a dû diminuer l'effet de leur réfraction du *nord au midi* produite par le segment polaire.

Le spectre sanglant a paru dans la direction du *méridien*, parce qu'alors le soleil se trouvait au *méridien inférieur* ; mais comme le phénomène a duré longtemps, la marche apparente du soleil *vers l'est*, a dû faire décliner le spectre *vers l'ouest;* et Maupertuis a, en effet, observé que le *dôme lumineux* qui a terminé le phénomène en s'éteignant par degrés, était placé dans la direction du *sud-ouest*.

De la queue des comètes.

357. Le plus imposant des spectacles que le ciel ait jamais présentés à la terre, est celui de la queue des comètes. Cette lumière n'est pas, comme celle de l'aurore

boréale, releguée dans des climats inhabitables. Partout où la race humaine s'est multipliée, les grandes comètes ont brillé à certaines époques, et partout où elles ont paru, leurs formidables queues ont répandu la consternation.

C'est en vain que quelques philosophes ont cherché à soulever le voile qui couvrait la source de cette mystérieuse lumière ; leur imagination n'a enfanté que des chimères, et l'histoire abrégée des erreurs dans lesquelles sont tombés, à cet égard, les plus grands hommes, peut servir à prouver une vérité morale qui doit triompher des railleries et des sophismes : c'est que la raison humaine, différente de l'instinct des animaux, est perfectible jusqu'à un certain degré; que les races, comme les individus, ont leur enfance et leur virilité ; et que lorsque la race est trop voisine de son berceau, l'ignorance est un état dont elle ne peut sortir, quelque forte que soit d'ailleurs la raison des individus ; tandis qu'au contraire, à certaines époques où la raison générale a pris son développement, les découvertes se multiplient, et se présentent quelquefois d'elles-mêmes à des hommes d'un génie médiocre.

La race humaine, mûre de très-bonne heure pour les vérités morales, le devint plus tard pour les vérités de sentiment et de goût ; l'époque de la science est arrivée la dernière, et c'est elle seule qui peut élever l'homme à la hauteur qu'il doit atteindre.

Digression historique sur les divers systèmes auxquels la lumière des comètes a donné lieu.

358. Grâces à la vigilance des astronomes modernes, à leur patience infatigable et à la bonté des instrumens de M. Herschell, le ciel est mieux connu que la terre, et la comète de 1811 semble n'avoir paru si long-temps et avec des circonstances si favorables à l'observation, que pour récompenser la persévérance des observateurs et compléter la masse des connaissances qu'il nous est permis d'acquérir sur ces astres vagabonds, dont il est si difficile de déterminer l'orbite.

Avant Aristote, on regardait les espaces célestes comme remplis d'un nombre infini d'étoiles qui avaient chacune leur mouvement particulier et dont la plupart étaient trop petites pour pouvoir être aperçues; et l'on supposait que les comètes n'étaient autre chose qu'une réunion de ces petites étoiles qui s'était faite accidentellement.

Aristote réfuta cette hypothèse et prétendit que les comètes étaient composées d'exhalaisons élevées au-dessus de l'air de la terre jusques dans une région du ciel qu'il appelle la région du feu.

Hevelius pense que les comètes sont composées d'exhalaisons grossières qui partent du soleil.

Descartes ne voit dans les comètes que des étoiles encroûtées qui, après avoir perdu leur lumière, sont entraînées par les tourbillons des étoiles voisines.

Jacques Bernouilli suppose qu'elles sont les satellites d'une planète que l'immensité de sa distance rend invisible.

Kepler adopte le sentiment d'Aristote, et ne voit, dans les comètes, que des exhalaisons enflammées.

Newton les considère comme de véritables planètes qui reçoivent du soleil leur lumière; mais son opinion qui a été long-temps celle de tous les savans, est aujourd'hui révoquée en doute.

Deux célèbres astronomes qui ont cherché à reconnaître les phases des comètes, et qui les ont trouvées lumineuses dans toutes les parties de leur disque, ont tiré de cette observation deux conséquences différentes.

M. Herschell attribue aux comètes une lumière propre, indépendante de celle du soleil.

Et M. Schroëter présume que leur noyau n'est qu'une réunion de vapeurs diaphanes plus condensées que celles qui forment leur nébulosité.

Les philosophes qui ont émis tant de systèmes différens pour expliquer ce qu'on appelle *la tête* des comètes, ont été encore plus embarrassés pour expliquer ce qu'on appelle leur *queue*.

Apian est le premier qui ait observé que la queue des comètes était toujours opposée au soleil, et cette découverte a servi du moins à faire reconnaître que la queue, la chevelure et la barbe n'étaient que la même lumière vue sous différens aspects.

Il l'attribue à la réflexion des rayons du soleil par une vapeur émanée de la comète : *Non inflammatam, sed lucentem à lumine solis;* et il ajoute cependant qu'il y a eu quelques comètes enflammées : *per se accensas.*

Apian ne s'est pas occupé de la courbure des queues; car dans les soixante-dix-sept figures dont ses raisonnemens sont accompagnés, il les a représentées par des lignes parallèles.

Ticho, au chapitre 7 de son Traité de la comète de 1557, rapporte l'opinion d'Apian, qu'il dit avoir été adoptée par Germera et Cornelius Frisius, par Fracastor et par Cardan; il la combat et prétend que c'est à Vénus et non pas au soleil que la queue est opposée; ce qu'il prétend prouver par le calcul de douze observations. Mais il annonce ensuite, page 73, qu'il vient d'apercevoir une comète dont la queue est directement opposée au soleil.

Le même auteur attribue la courbure de la queue à une illusion optique; illusion à laquelle il donne une explication qui n'a point été adoptée.

Il est aussi question de la queue des comètes dans Scaliger, Télésius, Tassonius et Aversa, et dans Cedatus; mais les ouvrages de ces auteurs ne contiennent, à cet égard, aucune idée nouvelle.

Kepler, au chapitre 13 de son Optique, se demande pourquoi les queues sont courbes, et quel est le corps qui reçoit les rayons solaires et nous les réfléchit : « Ce n'est point, dit-il, *la matière propre de la comète;* cette opinion serait monstrueuse; ce n'est point l'*éther;* car, pourquoi l'éther qui est toujours éclairé par le soleil, n'est-il pas toujours visible sans comète? » Il démontre que la courbure de la queue ne peut être produite ni par la parallaxe, ni par la réfraction; il suppose que le *noyau* de la comète est *transparent* et fort dense, qu'il peut réunir, doubler et colorer les rayons du soleil, et

que ces rayons, dans ce cas, sortiront divergens du corps de la comète et produiront la queue. « Si nous pouvons, dit-il, trouver une *cause quelconque* qui fasse que l'éther puisse être éclairé par les rayons solaires qui ont traversé le *corps* de la comète, le reste ira de soi-même; la réfraction unira les rayons en un point où ils se croiseront pour diverger. *Accordez-nous ensuite que cette cause puisse cesser pour une des branches de la queue*, il ne restera qu'une branche qui paraîtra dévier de la ligne menée du soleil à la comète ».

Peu content de ces explications, Kepler mêle à ses idées les idées d'Aristote, et finit par convenir que la cause qui produit la queue des comètes est encore à trouver : *non liquet.*

Il indique cependant l'expérience suivante :

« Recevez, dit-il, un rayon solaire dans une chambre obscure; placez à l'ouverture une sphère de verre remplie d'eau, de sorte que *moitié* du rayon solaire passe *par le globe* et *moitié par l'air*, vous aurez sur le mur opposé l'image d'une comète ».

Il est évident que, par cette expérience de physique amusante, Kepler n'a pas prétendu expliquer un phénomène qu'il considérait comme inexplicable, mais seulement en donner une imitation grossière par un procédé analogue à celui dont on se sert à l'opéra pour imiter le tonnerre.

Newton est le premier qui ait établi un corps de système propre à expliquer en même temps et le phénomène principal et un grand nombre de phénomènes accessoires que des observations plus exactes avaient fait remarquer.

Mais le système de Newton n'est autre chose au fond que le développement du système d'Apian ; car Newton suppose, comme Apian, que la queue est composée de vapeurs émanées du corps de la comète et qui réfléchissent les rayons du soleil.

Or, cette supposition est inadmissible, et Kepler a eu raison de dire qu'elle était *monstrueuse*.

Ce n'est point, en effet, de l'hémisphère opposé au soleil que les vapeurs devraient s'élever ; ce serait de l'hémisphère tourné vers le soleil. Le nom de Newton ayant fait prévaloir ce système sur tous les autres, je me propose d'en faire connaître au lecteur tous les détails.

De Mairan attribue la queue des comètes à une portion de l'atmosphère solaire dont il fait un corps lumineux.

Mais M. Laplace a établi en principe (1) que l'atmosphère du soleil ne s'élève pas, à beaucoup près, jusqu'au ciel de Mercure ; et dans le nombre des comètes qui ont effrayé les hommes, il en est peu qui se soient approchées du soleil à une distance suffisante pour se plonger dans son atmosphère.

Il n'est pas probable d'ailleurs que l'atmosphère du soleil soit lumineuse par elle-même ; et il est encore moins probable qu'elle pût conserver cette propriété après avoir été séparée de l'astre qui la lui aurait communiquée.

En sortant du périhélie, la comète n'entraîne pas sa queue, et c'est au contraire sa queue qui la précède et paraît l'entraîner elle-même.

---

(1) J'ai combattu ce principe dans le premier volume de cet ouvrage.

Et si, lorsque la comète approche du périhélie, elle est suivie par sa queue, comment concevoir que cette queue si bien conservée et toujours lumineuse, ait été dérobée à l'atmosphère solaire depuis deux ou trois siècles?

Franklin a supposé que la queue pouvait être l'effet d'une répulsion électrique exercée par l'atmosphère solaire sur l'atmosphère de la comète.

Mais M. Herschell a observé une queue de comète qui était encore sensible à la distance de 87 millions de lieues du soleil; et il est hors de toute vraisemblance que l'effet d'une répulsion électrique puisse avoir lieu à cette prodigieuse distance.

M. Voiron, dans sa *continuation de l'Histoire de l'astronomie*, après avoir rapporté, page 92, l'opinion de M. Herschell qui pense que les queues des comètes sont lumineuses par elles-mêmes, demande si on ne pourrait pas considérer les vapeurs cométaires comme une matière susceptible d'être enflammée par les rayons du soleil.

Mais cette propriété ne suffirait pas pour expliquer le phénomène, et il faudrait encore que les vapeurs eussent celle d'être entraînées dans la même direction que les rayons et avec une vitesse égale à celle des rayons.

Or, la physique ne présente aucun fait d'où l'on puisse induire la possibilité de cette triple hypothèse.

L'apparition de la comète de 1811 et les observations qui furent faites sur la division de sa queue en deux lueurs de forme différente, séparées l'une de l'autre par de profondes ténèbres, avaient prouvé surabondamment l'insuffisance de toutes les hypothèses, lorsque j'ai découvert, ou cru découvrir la véritable cause

de la lumière extraordinaire qui accompagne les comètes.

Dans un mémoire que je lus à la classe des sciences physiques et mathématiques de l'institut en 1812, j'énonçai la proposition suivante :

» *La queue des comètes ne fait point partie de leur atmosphère; ce n'est qu'un spectre produit par les rayons solaires que la rencontre de l'atmosphère cométaire a forcé de converger vers un axe commun et qui, en augmentant la clarté de la partie du ciel qu'ils traversent, rendent visibles les molécules du fluide étheré qu'ils rencontrent sur leur passage* ».

Je développai cette proposition dans six chapitres qui tendaient à prouver,

1.° Que l'espace est rempli d'un fluide;

2.° Que ce fluide est propre à réfléchir la lumière;

3.° Qu'il doit la réfléchir d'une manière sensible lorsqu'il est plus éclairé dans une partie que dans une autre;

4.° Que les rayons du soleil ne peuvent parvenir au point du ciel où se manifeste le phénomène de la queue, qu'après avoir traversé l'atmosphère de la comète;

5.° Qu'ils ne peuvent la traverser sans converger vers un axe commun;

6.° Enfin qu'il doit résulter de cette convergence, une augmentation de clarté dans la partie du ciel où se manifeste la queue.

Des commissaires furent nommés. J'eus avec eux des conférences dans lesquelles ils voulurent bien me donner connaissance des observations faites sur la lumière de la dernière comète.

Mes premières explications devenant insuffisantes, je fis un mémoire additionnel dans lequel j'expliquai le mélange d'ombre et de lumière, et toutes les singularités observées.

Mais mon explication avait pour base le mouvement de la lumière, et je m'écartais, à cet égard, de la théorie de Newton. Il me fut fait des objections auxquelles je dus répondre, et qui nécessitèrent un nouveau travail.

Cependant le temps s'écoulait, et comme rien ne constatait la priorité de mes idées, je pris le parti de livrer mon mémoire à l'impression Il ne fut point fait de rapport (1) à l'institut, et jusqu'ici il n'existe

---

(1) La classe des sciences physiques et mathématiques, par un réglement moderne qui dérogeait aux anciens usages de l'académie des sciences, avait arrêté qu'elle n'émettrait aucun jugement sur les ouvrages imprimés. Je crus pouvoir éluder la disposition de ce réglement, en lisant un nouveau mémoire qui avait pour but de déterminer la classe à examiner une question moins intéressante pour moi que pour la science en général, qui était celle de savoir si le système de Newton sur la queue des comètes devait ou non être préféré à l'opinion des astronomes du seizième siècle, dont mon mémoire n'était qu'une modification.

Cette demande donna lieu à un discours que prononça M. de Lambre dans la séance suivante, par forme d'observations sur la lecture du procès-verbal de la séance précédente ; il analisa les différens systèmes des astronomes antérieurs au siècle de Newton, et ses conclusions furent « que je n'avais aucune restitution à faire aux anciens; *que mon hypothèse, vraie ou fausse, m'appartenait entièrement*; et que puisque je l'avais soumise au

aucun préjugé, soit contre mon système, soit en sa faveur.

Ce mémoire est intitulé : *Découverte de la véritable*

---

tribunal du public, les réglemens de la classe s'opposaient à ce qu'il en fût fait un rapport. »

Je n'examinerai pas la question de savoir si l'Académie des sciences, spécialement créée pour juger les découvertes nouvelles, a eu le droit de limiter elle-même sa compétence, en s'interdisant celui de prononcer sur les découvertes qui ont été publiées. Mais tous ceux qui s'intéressent au progrès des lumières regrettent que cette mesure, prise dans un temps où la prudence pouvait la rendre excusable, continue encore aujourd'hui à les priver de l'avantage de pouvoir s'instruire en lisant des décisions toujours sagement motivées, et qui, dans tous les temps, ont déterminé ou rectifié l'opinion publique.

Le premier corps savant de l'Europe n'a rien à redouter des vains murmures de l'amour-propre blessé; il doit condamner ce qui est condamnable et accorder son approbation aux découvertes qui en sont dignes, sans exiger des auteurs une discrétion à laquelle la loi qui a institué l'académie pour les juger, ne les a point assujettis.

J'ajouterai que son refus de prendre connaissance des inventions qui lui sont soumises, peut devenir nuisible à l'intérêt général. Le fait suivant en est la preuve.

J'ai inventé, il y a près de vingt ans, une machine propre à remonter les bateaux sur les fleuves, dont la première expérience eut lieu dans le bassin du Louvre. Avant d'utiliser cette machine, le directoire exécutif crut devoir consulter la classe des sciences. Mais la lettre du directoire, et mes demandes multipliées furent inutiles; aucun rapport ne fut fait.

Quelques années après, l'administration ordonna de nouvelles expériences. Sur le rapport qui fut fait au

cause de la queue des comètes. Un titre si peu modeste était un défi positif; j'espérais qu'il en résulterait une discussion utile à la science : il n'en fut pas ainsi. La publicité donnée à un système contraire à celui de Newton fut considérée, par quelques-uns de ses disciples, comme un acte d'insubordination; et l'un d'eux eut assez de crédit pour faire défendre aux journalistes de rendre compte de cette brochure qui déjà cependant avait été annoncée dans le journal de Paris. Je cherchais à pénétrer la cause d'un

---

conseil des ponts-et-chaussées par M. Prony, la machine fut approuvée et mise en expérience permanente sur la Loire. Après divers essais, dans lesquels elle avait remonté jusqu'à vingt-un bateaux à-la-fois, elle a fait le service du remontage du pont de Blois pendant quatre ans.

Ce petit établissement avait été utile à la marine de la Loire, puisque dans le cours de ces quatre années, j'avais remonté plus de quatre mille bateaux, les uns gratuitement, les autres à un prix qui s'élevait à peine au quart du prix ordinaire. Mais des circonstances locales empêchant que la recette pût s'élever au niveau de la dépense, je proposai une souscription pour un établissement sur le Rhône où la machine aurait été d'une grande utilité. Cette souscription eût été promptement remplie si la classe eût déféré à la demande que je lui adressai alors de se faire faire un rapport sur une invention qui, au moyen des perfectionemens que j'y avais faits, était devenue entièrement nouvelle. Mais la classe décida que puisque la machine avait fait un service public, il n'y avait pas lieu à rapport.

Ce refus fut considéré comme une improbation indirecte; et la souscription ne fut pas remplie.

silence qui paraissait concerté, lorsque je lus dans un journal estimable d'ailleurs, un article communiqué, dans lequel on disait : « qu'un homme qui avouait lui-même qu'il n'était ni géomètre ni astronome prétendait expliquer, mieux que Newton, le phénomène de la queue des comètes, etc » ; et il ne me fut pas permis de méconnaître l'intention prédominante du plaisant anonime, lors que je vis qu'en contravention à l'usage observé de tout temps dans les articles les plus désobligeans pour les auteurs, le rédacteur avait eu la précaution de ne pas indiquer le nom du libraire chez qui l'on pourrait se procurer la ridicule brochure.

Mes efforts pour déterminer les savans à mettre à l'ordre du jour une question intéressante pour la science, et

---

La machine est très-simple.

On établit, soit au fond de la rivière, soit sur ses bords, un point d'appui auquel est attachée une chaine. A l'extrémité de la chaîne, se trouve une poulie maintenue entre deux eaux par un flotteur : dans cette poulie est passée une corde de deux ou trois mille mètres de longueur. A chaque extrémité de la corde, est attaché un radeau d'une grandeur suffisante pour que, lorsqu'il barre le courant, il soit entraîné avec une puissance plus grande que la résistance. Sur chaque radeau sont établies des manœuvres qui correspondent à un batelet sur lequel est le conducteur.

Lorsque le radeau supérieur est mis en travers, le courant l'entraîne et fait remonter le radeau inférieur et avec lui les bateaux chargés.

Le second radeau est, à son tour, mis en travers et remonte le premier avec d'autres bateaux.

qui n'est pas sans intérêt pour le public que les systèmes des astronomes ont quelquefois plus alarmé que les comètes elles-mêmes, n'ont pas été tout-à-fait sans succès, et j'ai su que l'académie des sciences du Gard avait fait de ce problème la matière d'un concours pour le prix de 1815.

Je conviens que si Newton a clairement expliqué le phénomène de la queue des comètes, il faut s'en tenir à sa doctrine, sans recourir à une hypothèse nouvelle. Mais puisque les savans du midi de la France élèvent à cet égard des doutes, on ne peut me blâmer de répondre à une provocation injurieuse, en présentant à mes lecteurs l'hypothèse de Newton avec des observations qui le mettront à portée de faire un choix entre son système et le mien : *amicus Plato ; magis amica veritas.*

Réfutation de l'hypothèse de Newton sur les queues des comètes.

360. Lalande, auteur de l'article *Comète* (*Diction. Encyclop.*), a rendu compte du système de Newton sur la nature des comètes et la manière de calculer leur orbite. Je ne puis, à cet égard, que joindre ma faible voix à celle de tous les savans qui ont applaudi à ses grands et utiles travaux. Mais après avoir admiré Newton dans ce qu'il a d'admirable, il peut m'être permis de soutenir et de prouver que son explication de la queue des comètes est une hypothèse inconciliable avec les principes d'une saine physique.

Je vais transcrire mot à mot l'extrait du système tel

que l'a présenté Lalande, et je placerai mes observations à la suite de chacun des articles qui les feront naître. Cette méthode de discussion n'est pas la plus élégante; mais je la choisis souvent, parce qu'elle est celle qui fatigue le moins l'attention.

« Newton a fait voir que l'atmosphère des comètes peut fournir une vapeur suffisante pour former leur queue.....

» Quant à l'ascension des vapeurs qui forment la queue des comètes, Newton la suppose occasionnée par la raréfaction de l'atmosphère au temps de périhélie. »

Pourquoi, dans ce cas, y a-t-il des comètes qui ont une queue avant d'arriver au périhélie?

« La fumée, comme tout le monde sait, s'élève par l'impulsion de l'air dans lequel elle nage. L'air le plus raréfié monte par la diminution de sa légèreté spécifique, et enlève avec lui la fumée. Pourquoi ne supposerait-on pas que la queue d'une comète serait élevée de la même manière par la chaleur du soleil? »

On pourrait, en effet, le supposer si la queue s'élevait à travers un fluide élastique plus pesant qu'elle et dans la direction de la comète au soleil; mais la queue s'élève à travers un fluide moins pesant qu'elle, et même à travers le vide absolu, si j'en crois Newton; et au lieu de s'élever vers le soleil, elle s'élève dans la direction précisément contraire.

Les vapeurs de la terre s'élèvent pendant le jour, et

l'heure de midi est la plus favorable à leur ascension ; et il résulterait du système de Newton, que les vapeurs devraient s'élever pendant la nuit, et que l'heure de minuit serait la plus favorable.

Sous le récipient de la machine pneumatique, on voit la fumée tomber, quoique encore chaude, et cependant l'air qui reste alors dans le récipient est assez dense pour soutenir le mercure à la hauteur de quelques lignes.

L'idée d'un vide absolu et celle d'une colonne de vapeurs, sont donc deux idées inconciliables.

« Les queues étant ainsi produites, la force qu'elles ont pour conserver leur mouvement, et celle qui les pousse vers le soleil, les oblige à décrire des ellipses, ainsi que la comète même, et à l'accompagner dans toute son orbite. »

Si le mouvement s'accomplit dans le vide et que la queue de la comète soit appuyée sur le noyau, elle doit en effet l'accompagner dans son orbite, parce que la queue et le noyau ne forment alors qu'un seul et même corps. Mais la queue, dans ce cas, est à l'égard du noyau à l'état de repos relatif ; et si elle n'est qu'une vapeur qui pèse vers le noyau, elle doit tomber sur le noyau lorsque rien ne s'y oppose. Je suppose qu'elle ait pu être élevée par la chaleur solaire ; cette ascension extraordinaire est un effet qui ne doit pas durer plus longtemps que sa cause. Du moment que la vapeur ascendante a commencé à se refroidir par l'effet de l'éloignement du soleil, elle a dû commencer à tomber, et sa chute graduelle a dû suivre les progrès graduels du refroidisse-

ment. Or, on va voir bientôt que la queue, au lieu de diminuer, grandit quelquefois à mesure que la comète s'éloigne du soleil.

« Par ce moyen, les queues des comètes, produites pendant le temps de leur périhélie, peuvent être entraînées dans les régions du ciel les plus reculées, et revenir ensuite avec la comète au bout d'un grand nombre d'années. »

L'auteur aurait pu dire au bout de plusieurs centaines d'années, puisque la période de la comète de 1680 a été évaluée par les astronomes à 575 ans. Si jamais cette comète reparaissait et qu'elle revînt avec une queue, ce qui est très-vraisemblable, elle présenterait l'exemple d'une vapeur qu'un hiver de cinq siècles n'a pu refroidir.

« Mais il est plus naturel qu'elles se détruisent-peu-à peu entièrement, et qu'en se rapprochant du soleil, les comètes en reprennent de nouvelles, d'abord très-peu sensibles, ensuite plus grandes par degrés, jusqu'au périhélie, temps auquel elles reprennent toute leur grandeur, les comètes étant alors le plus échauffées qu'il est possible. »

On croirait, en lisant le système de Newton, que toutes les comètes à queue se sont approchées du soleil aussi près que celle de 1680; mais, parmi les comètes à queue, il en est beaucoup qui n'ont jamais descendu jusqu'au ciel de Mars.

La comète de 1811 qui, après le périhélie, a paru, non-seulement avec une queue, mais avec une frange aussi brillante que sa queue, ne s'était pas approchée du soleil plus près que n'en est la terre. L'eau de la terre doit être tout aussi vaporisable que l'eau des comètes. Pourquoi donc la terre n'a-t-elle pas de queue? Pourquoi Vénus et Mercure, dont les atmosphères sont aussi élevées que celles de la terre, et qui éprouvent constamment une chaleur beaucoup plus considérable que celle que la comète de 1811 a éprouvée passagèrement, ne nous présentent-ils jamais ni queue ni frange?

« Les vapeurs dont ces queues sont composées, se dilatent et se répandent dans toutes les régions célestes. »

Des vapeurs aqueuses élevées par le soleil et qui se refroidissent pendant l'éloignement du soleil, ne doivent pas se dilater; elles doivent, au contraire, se condenser; et, loin de se répandre dans toutes les régions célestes, les lois de la statique exigent qu'elles se précipitent sous la forme de pluie ou de glace sur le noyau qui les a produites.

Si ces vapeurs, au lieu d'être aqueuses, étaient siliceuses ou ferrugineuses, elles retomberaient sur le noyau en forme d'aérolithes, ou elles descendraient en forme de brouillard.

« Les vapeurs des queues sont vraisemblablement, ainsi que Newton l'observe, attirées par les planètes et mêlées avec leurs atmosphères. »

Cette comète de 1680 s'était beaucoup approchée du soleil; et il a été prouvé analitiquement qu'elle y avait acquis une chaleur mille fois plus forte que celle du fer rouge: ce qui est beaucoup pour un astre plus gros que la terre, et dont la vitesse, au moment du périhélie, était au moins dix fois plus considérable que la vitesse de la terre.

Il m'est plus facile de croire que, d'après le nombre de degrés que la queue de la comète occupait dans le ciel et la distance où se trouvait alors la comète, la longueur de la queue était au moins de quarante millions de lieues.

Je ne doute pas non plus que la queue n'ait acquis peu-à-peu cette énorme longueur, et que son accroissement graduel n'ait duré quarante-cinq jours.

Mais la manière dont Newton explique le phénomène me paraît contraire à tous les principes.

Je considère, en général, les vapeurs sensibles qui accompagnent les astres, comme un thermomètre indicateur de leur température. Je conçois dès lors qu'au moment où la comète a passé très-près du soleil, son atmosphère a dû être prodigieusement raréfiée, et que l'effet combiné de cette raréfaction et de l'attraction solaire, a dû ovaliser l'atmosphère de la comète dans la direction vers le soleil: mais je ne conçois pas qu'elle ait pu s'ovaliser en sens contraire, et, à plus forte raison, acquérir dans cette partie une excroissance de plusieurs millions de lieues de ongueur.

J'admets cependant pour un moment cette étrange hypothèse, et je cherche à la concilier avec les faits observés.

Newton a dit, avec raison, qu'il avait fallu un certain temps pour que la vapeur exhalée pendant le périhélie pût s'élever à la hauteur où elle est parvenue.

Mais la queue n'était pas nulle à l'époque où la comète est parvenue au périhélie ; car Newton lui-même nous dit que les queues des comètes croissent à mesure qu'elles s'approchent du soleil. La queue de la comète de 1680 était donc déjà d'une certaine grandeur au moment où cette comète est entrée dans les rayons du soleil. Il lui a fallu un certain nombre de jours avant qu'elle parvînt au périhélie, et pendant ce certain nombre de jours, sa queue a dû continuer de s'élever dans une progression croissante. Elle a dû, à la vérité, croître encore après le périhélie à cause de la chaleur acquise, et elle a pu ensuite se soutenir, pendant quelques jours, à la même hauteur ; mais lorsque la comète est enfin sortie des rayons du soleil, et qu'elle a été visible pour les habitans de la terre, le noyau devait être moins chaud qu'au moment du périhélie ; et cependant sa queue a continué de grandir, non pas seulement pendant les deux premiers jours qui ont suivi son apparition, mais pendant quarante-cinq jours consécutifs ; et il est résulté de ce prodige que l'accroissement de cette partie de l'atmosphère de la comète, au lieu d'être un indicateur de l'élévation progressive de la température de son noyau, a été un indicateur assez exact de la progression qu'a dû suivre son refroidissement.

Newton n'a point expliqué la raison pour laquelle les queues, au lieu de s'élever vers le soleil, s'elèvent en laissant le noyau entr'elles et le soleil; et je conclus de cette omission très-prudente, que Newton connaissait mieux que

personne le vice fondamental du système d'Apian, auquel il avait su donner le charme de la nouveauté.

Mais il a expliqué pourquoi les fumées « ne s'élevaient pas d'un mouvement prompt et continuel pour disparaître tout de suite »; c'est, dit-il, que « ce sont des colonnes permanentes de vapeurs qui sortent de la tête avec un mouvement très-modéré pendant un grand espace de temps, et qui, en *participant du mouvement qu'elles ont d'abord reçu de la tête*, continuent à se mouvoir avec facilité : d'où l'on peut aisément inférer le *vide* de ces espaces ».

Bien certainement si une queue vaporeuse de quarante millions de lieues de longueur et perpendiculaire à la direction de la ligne de mouvement de la comète pouvait se mouvoir dans l'espace sans éprouver aucune déviation, on devrait en conclure en toute assurance que les corps célestes se meuvent à travers le vide absolu.

Mais, avant de tirer cette conséquence du mouvement translatif des queues de comètes, il faudrait avoir prouvé que ces queues sont en effet des colonnes de vapeurs; et c'est précisément ce qui est en question.

Newton conclut que le vide existe, puisqu'une colonne de vapeurs de quarante millions de lieues de longueur et d'un million de lieues d'épaisseur, se meut dans l'espace transversalement et avec rapidité, sans éprouver aucune déformation. Et je conclus, au contraire, de la certitude de l'existence d'un fluide subtil dans l'espace, qu'il est impossible qu'une colonne de vapeurs de quarante millions de lieues de longueur et d'un million de lieues de largeur, se meuve rapidement à travers ce fluide, quelque

subtil qu'il soit, sans éprouver une déformation ; et j'ajoute que, puisqu'il est constant que les queues de comètes ont, en effet, un énorme volume et un mouvement très-rapide, elles ne peuvent être autre chose qu'un spectre lumineux résultant de la modification que les rayons du soleil ont éprouvée en traversant l'atmosphère cométaire.

» Les queues déclinent un peu de la ligne tirée par le soleil et par la comète, en se rapprochant vers le côté que la comète vient de quitter ; et Newton explique ce phénomène, en disant que toute fumée ou vapeur poussée par un corps en mouvement s'élève obliquement en s'éloignant un peu du côté où va le corps fumant ».

Cette explication ne pourrait être admise que dans le cas où Newton reconnaîtrait qu'il existe dans l'espace un fluide capable de quelque résistance : mais il suppose le vide absolu ; et dès lors son explication est contraire aux lois du mouvement.

Si l'on place sur un bateau qui suit le cours d'un fleuve un réchaud fumant, et que l'air soit parfaitement calme, la fumée qui s'élevera de ce réchaud se courbera vers le côté d'où vient le bateau, parce que le mouvement progressif que la fumée reçoit est promptement communiqué à l'air, et qu'ainsi cette fumée se trouvant dépouillée de son mouvement progressif doit rester immobile pendant que le bateau se meut.

Mais si ce même réchaud, au lieu de verser sa fumée dans l'air extérieur, est transporté dans une des chambres du bateau, alors, quelque rapide que puisse être l'entraînement du bateau, la fumée montera verticalement et ne désignera

par aucun signe de déviation la direction du courant du fleuve.

Les vapeurs qui partent du noyau de la comète, en partent avec un mouvement impulsif parfaitement égal à celui de toutes les molécules qui composent le noyau; et Newton savait mieux que personne qu'un corps en mouvement doit conserver son mouvement éternellement, et qu'il ne peut le perdre qu'en le communiquant. Or, s'il est vrai, comme Newton le soutient, que l'espace soit entièrement vide, les atomes vaporeux se trouveraient dans l'impossibilité de perdre le mouvement qu'ils avaient reçu avant de quitter le noyau; et si l'on admet que la fumée puisse s'élever dans le vide et qu'elle puisse y prendre la forme d'une colonne, cette colonne devra se mouvoir tout aussi vite que le foyer dont elle émane.

Il en résulte que si, en effet, les queues de comète sont des colonnes de vapeurs qui se meuvent dans le *vide*, leur *courbure* vers le côté que la comète vient de quitter est un *effet sans cause*.

« La déviation des queues vers le côté du ciel que la comète vient de quitter, est plus petite auprès du corps de la comète que vers l'extrémité de la queue, et elle est la moindre, lorsque la comète est dans sa plus petite distance au soleil; parce que la vapeur monte avec plus de vitesse auprès du corps de la comète qu'à l'extrémité de la queue, et qu'elle s'élève aussi avec plus de vitesse, lorsque la comète est plus proche du soleil ».

Cette explication qui n'explique pas le fait à expliquer, est elle-même contraire aux lois du mouvement.

La fumée monte avec une vitesse déterminée, et sa vitesse multipliée par sa masse constitue la somme de son mouvement acquis : mouvement qu'elle ne peut perdre qu'en le communiquant. Or, un corps qui se meut dans le vide, doit se mouvoir éternellement en ligne droite et avec une vitesse uniforme ; il est donc contraire aux principes de soutenir que la fumée des comètes monte plus vite, lorsqu'elle est plus voisine du noyau que lorsqu'elle en est plus éloignée.

Ce serait vainement que l'on dirait que la fumée se refroidit à mesure qu'elle s'élève, et que la fumee chaude monte plus vite que la fumée froide ; ce raisonnement ne s'applique qu'à la fumée qui s'élève dans l'air, parce qu'elle est plus légère que l'air, et qui s'élève d'autant plus vite que sa densité spécifique diffère davantage de celle de l'air. Mais dans le vide rien de semblable ne peut avoir lieu, puisque, quelque légère que l'on suppose la fumée, elle est toujours plus pesante que le milieu qui l'environne, et que, dès lors, son ascension qui n'est plus le résultat des lois de l'équilibre, ne peut avoir pour cause qu'une impulsion mécanique.

Or, s'il est vrai qu'un corps qui se meut dans le vide, avec une quantité donnée de mouvement, doit conserver éternellement ce mouvement, le refroidissement d'une fumée lancée dans le vide ne peut pas nuire à la vitesse de son ascension : on peut, dans ce cas, supposer qu'elle se convertit en eau ou en glace ; on peut même, si l'on veut, supposer qu'elle augmente indéfiniment de volume en se refroidissant, quoique cette supposition soit contraire à une saine théorie. Mais il n'est pas permis de supposer que, dans aucun de ces changemens de forme, elle

puisse perdre la plus petite partie de sa vitesse primitive; car toutes ces suppositions ne sont relatives qu'au volume de la vapeur et non pas à sa masse; et lorsqu'il s'agit de calculer les effets d'un mouvement à travers le vide, l'augmentation ou la diminution de volume ne sont d'aucune considération.

Je conçois que si une comète fumante reçoit tout-à-coup une forte chaleur, la nouvelle fumée sera lancée avec plus de force que l'ancienne; mais, dans ce cas, l'ancienne fumée opposera son inertie à la nouvelle fumée qui lui communiquera une partie de son mouvement; les deux fumées se confondront alors; la nouvelle se fera jour à travers l'ancienne qui se répandra sur les côtés, et la forme de la colonne sera changée.

Or, il est reconnu que la forme de la queue des comètes est invariable.

Les faits sont donc inconciliables avec l'explication.

« La queue est plus brillante et mieux terminée dans sa partie convexe que dans sa partie concave, parce que la vapeur qui est dans la partie convexe s'étant élevée la première, est un peu plus dense et plus propre à réfléchir la lumière ».

Comme les queues des comètes sont à-la-fois transparentes et réfléchissantes, la vue de la partie convexe qui est tournée vers la terre ne dérobe pas la vue de la partie concave qui appartient au bord opposé du cylindre ou du cône. Cette partie concave est toujours moins brillante que la partie convexe; et c'est pour expliquer cette bizarrerie que Newton prétend que les premières vapeurs

qui se sont élevées du corps d'une comète, sont précisément celles qui se placent dans la partie convexe de la colonne vaporeuse.

Mais Newton qui ne nous apprend pas la raison pour laquelle les premières vapeurs se réfugient toujours dans la partie convexe, aurait bien dû s'apercevoir qu'il n'y a, en effet, dans la colonne lumineuse, ni partie convexe, ni partie concave, et que cette désignation se rapporte uniquement à la position accidentelle où se trouve la terre par rapport au côté du ciel où se manifeste le phénomène de la queue; de manière que si la terre se trouvait du côté opposé du ciel, la partie convexe deviendrait la partie concave, et la partie concave deviendrait la partie convexe. Dans ce cas, la remarque se serait trouvée entièrement contraire à celle qui a été faite, et il aurait fallu expliquer pourquoi la partie concave était plus lumineuse que la partie convexe.

Or, s'il existe quelque raison que je ne puis deviner et qui force la vapeur la plus dense à se réfugier dans la partie convexe de la queue, il ne peut en exister aucune pour que la vapeur la plus dense choisisse toujours de préférence le côté de la colonne qui correspondra à la partie du ciel où se trouvera la terre.

« La queue paraît plus large vers l'extrémité qu'auprès de la tête, parce que la vapeur qui est dans un espace libre se raréfie et se dilate continuellement ».

Cette partie de l'explication est la seule qui ne soit pas contraire aux principes.

Une vapeur élastique supposée dans le vide et dans un

état d'isolation, doit se dilater indéfiniment; car si elle ne se dilatait pas, l'état de pression sous lequel elle se trouverait, quelque faible qu'il fût, serait un effet sans cause.

Mais cette vérité purement théorique, n'est qu'une abstraction dans laquelle on considère les gaz élastiques comme n'étant doués d'aucune pesanteur.

Une fumée vaporeuse isolée dans le vide, mais douée d'une certaine température, augmenterait de volume jusqu'au point où la force de gravitation qui rappelle ses molécules les unes vers les autres, se trouverait en équilibre avec la force d'expansion résultante de la réaction du calorique primitivement comprimé.

Dans cet état, le nuage prendrait la forme sphérique, parce que telle est la forme que doit prendre tout fluide abandonné à sa propre gravitation; ce nuage diminuerait de volume à mesure que le calorique l'abandonnerait; et ses molécules constituantes se régénéreraient peu-à-peu et se presseraient vers le centre du nuage, où il se formerait tôt ou tard un noyau solide.

D'après ces principes, reconnus par les savans modernes, l'existence permanente d'une colonne de fumée dans le vide est un phénomène impossible.

Si cette colonne est isolée, elle doit, par l'effet de sa gravitation propre, se convertir en sphère.

Si elle pèse vers un noyau, elle doit descendre sur ce noyau et former encore une sphère qui deviendra l'atmosphère de ce noyau, ou, si ce noyau a déjà une atmosphère, se confondre avec elle et en devenir partie intégrante, toujours sous la forme d'une sphère qui se placera parmi les autres sphères concentriques de cette

atmosphère à une hauteur déterminée par la loi des densités spécifiques.

« Les queues sont transparentes, parce qu'elles ne sont que des vapeurs très-déliées.. »

Quelque déliée, quelque transparente que puisse être la fumée d'une comète, cette fumée doit toujours être moins transparente que le vide dans lequel elle se trouve.

Il devrait donc y avoir quelque différence de clarté entre les petites étoiles vues à travers la queue, et celles qui sont vues à travers le vide.

Cette différence devrait surtout être sensible vers le commencement de la queue où la vapeur se trouverait plus concentrée qu'à son extrémité, puisqu'elle y occupe moins d'espace.

Or, il est reconnu par les astronomes qu'il n'y a, à cet égard, aucune différence, et que l'interposition de la queue, même dans la partie où elle est la plus lumineuse, n'empêche pas de voir les plus petites étoiles sans aucune diminution de leur clarté.

Lalande termine cette exposition du système de Newton en disant que ce système s'accorde parfaitement avec tous les phénomènes.

Mon opinion, à cet égard, est diamétralement opposée à celle de Lalande.

Si Newton eût vécu de nos jours, et qu'il eût pu observer la belle comète de 1811, il eût fait abjuration d'un système adopté trop légèrement, et n'aurait pas abusé de

l'analise au point de vouloir prouver qu'entre une colonne vaporeuse et le noyau dont elle émane, il doit exister invariablement un grand espace obscur; et que lorsqu'une comète passe à la distance de trente-quatre millions de lieues du soleil, il doit s'élever de son atmosphère une vapeur opposée au soleil, et partagée en deux parties à-peu-près égales, dont l'une doit prendre la forme d'une colonne, et l'autre la forme d'une cloche terminée à l'extérieur par une courbe hyperboloïdale.

Explication de la lumière cométaire.

360. La comète de 1811, devenue célèbre dans les annales de la science par la bizarrerie de sa conformation, ne sera pas moins célèbre dans l'histoire par l'époque de son apparition. Les grandes catastrophes des nations ne sont pas prophétisées par les comètes; mais les comètes en ont été quelquefois ou les témoins ou les avant-coureurs; et il est difficile de ne pas trouver quelque rapport entre la comète qui éclaira les premiers mouvemens de l'armée de Russie, et la comète qui précéda la punition du destructeur de la république romaine, les guerres sanglantes du second triumvirat, le règne d'Auguste et la clôture du temple de Janus.

Celle-ci parut inopinément et répandit la consternation dans l'Univers; mais la comète française était attendue avec impatience. Invisible aux yeux du vulgaire, elle existait déjà pour les savans qui avaient annoncé l'époque de son apparition.

M. Flaugergues avait découvert l'astre nouveau dans les profondeurs du ciel. C'est lui qui, le premier, en avait déterminé l'orbite et la distance, et c'est encore lui qui, le premier, a découvert et décrit les accidens d'ombre et de lumière qu'aucun astronome n'avait observés avant lui.

Au moment où elle fut découverte, la comète se présentait sous la forme d'une petite étoile nébuleuse.

En approchant des rayons solaires, la partie de son atmosphère qu'elle présentait au soleil, était brillante et transparente.

Elle n'avait point de queue; sa calotte lumineuse, au lieu de se contourner en sphère dans la partie inférieure, était prolongée en s'éloignant des bords, et se terminait par une frange dont la lumière décroissait graduellement.

L'intérieur de cette espèce de cloche était extrêmement obscur: on y apercevait cependant un noyau et quelques rayons qui pénétraient à travers l'obscurité.

Quand la comète a reparu en s'éloignant du soleil, la forme de la cloche était la même, mais elle était plus allongée et sa lumière était plus brillante. La comète qui était entrée sans queue dans les rayons du soleil, en était sortie avec une queue divergente; cette queue commençait beaucoup au-dessous du noyau qui était alors plus apparent. On voyait toujours dans l'intérieur de la cloche un grand espace obscur qui s'élevait jusqu'au-dessus du noyau; mais cet espace alors était traversé par des rayons plus nombreux.

La figure 4, gravée d'après les dessins M. Flau-

gergues, représente la comète dans ses deux aspects, avant et après le périhélie.

Parmi toutes les grandes comètes qui avaient paru jusqu'alors, les astronomes n'avaient remarqué que leur atmosphère lumineuse qu'on appelait la *tête*, et la traînée de lumière plus ou moins longue à laquelle on avait donné le nom de *queue*.

On est persuadé aujourd'hui que si les anciennes comètes avaient été observées avec de meilleurs instrumens, on aurait aperçu l'espèce particulière de lumière que j'ai caractérisée sous le nom de *frange*; lumière qui, se rattachant à l'auréole qui environne le noyau, se prolonge en s'écartant de l'axe; mais il y a lieu de présumer que si cette lumière eût été aussi abondante dans les anciennes comètes qu'elle l'était dans la comète de 1811, elle n'aurait pas échappé aux observateurs.

La frange doit, dans tous les cas, être considérée comme une lumière plus ou moins dense qui accompagne toujours les comètes.

Je l'avais attribuée aux mêmes rayons divergens qui produisent le crépuscule, et qui sont désignés par la lettre *C* dans la figure relative à la lumière zodiacale; mais en y réfléchissant davantage, j'ai pensé que les rayons crépusculaires ne devaient contribuer que pour une faible partie à la clarté des franges.

Dans l'expérience de la carafe cylindrique (338), on voit le foyer des rayons convergens qui représente la queue de la comète, et les deux foyers des rayons divergens qui représentent sa frange et qui la représentent avec une telle exactitude, quant à la forme, qu'ils sont terminés à leur extérieur par la même courbe hyperboloïdale

que M. Flaugergues a remarquée ; et que, comme ceux de la frange, leur clarté décroît graduellement à mesure qu'ils se prolongent en s'écartant de l'axe.

Mais ces rayons divergens que, jusqu'à présent, aucun physicien n'avait remarqués, sont des rayons très-rares en comparaison de ceux qui se réunissent au foyer des convergens ; et si les franges des précédentes comètes n'étaient composées que des mêmes rayons divergens qui produisent nos crépuscules, il n'est pas étonnant qu'elles n'aient point été aperçues.

Ce serait vainement que pour expliquer l'intensité de la lumière de la frange, j'aurais recours aux rayons *F* de la même figure qui produisent le faux crépuscule, et aux rayons *Z* qui produisent la lumière zodiacale ; car ces deux sortes de rayons ne sont eux-mêmes que des rayons empruntés à la lumière crépusculaire, et leur direction, plus ou moins rapprochée du parallélisme, se trouve d'ailleurs inconciliable avec la très-grande divergence de la lumière de la frange.

Avant d'expliquer la cause des lumières et des ombres observées par M. Flaugergues, je crois nécessaire de rappeler au Lecteur deux phénomènes, dont ce volume contient l'explication : celui des *parélies* et celui de l'*aurore boréale*.

De toutes les clartés extraordinaires du ciel, celle qui, par sa cause, a le plus de rapport avec la queue des comètes, est le phénomène des *parélies*.

Un sphéroïde vaporeux et réfringent reçoit les rayons du soleil et les rassemble sur l'axe commun où ils forment, par leur réunion, un nouveau soleil. Ces mêmes

rayons en suivant leur route produisent, par leur écartement, une queue qui, si elle était moins divergente, serait semblable à celle des comètes.

La clarté du jour ne permet pas que l'on puisse apercevoir le sphéroïde nébuleux qui produit le parélie, et il est même assez rare qu'elle permette d'apercevoir la queue divergente.

La queue des comètes est, au contraire, visible dans toute sa longueur; elle est beaucoup moins divergente que celle des parélies et n'est point précédée par le spectre du soleil.

Mais si l'on ne reconnaît pas l'image du soleil dans la partie supérieure de la queue des comètes, c'est que la très-grande ovalisation de l'atmosphère cométaire, et d'autres causes que j'expliquerai, empêchent que les rayons ne convergent vers le même point de l'axe. L'image étant dès lors totalement déformée, se prolonge sur une très-grande étendue de l'axe, et les cônes, beaucoup moins obtus dans leur convergence, doivent par cette raison être beaucoup moins obtus dans leur divergence.

Il n'est donc pas étonnant que dans les parélies le sphéroïde nébuleux produise une image du soleil avec une queue très-peu sensible, tandis que les atmosphères des comètes produisent une très-belle queue sans aucune image du soleil.

Mais si le phénomène des parélies est celui de tous les météores lumineux qui a le rapport le plus immédiat avec la queue des comètes, il est impossible d'en tirer aucune induction pour expliquer le phénomène de la

frange et celui des profondes ténèbres observées par M. Flaugergues entre la queue et le noyau.

Le seul phénomène qui soit véritablement analogue à l'ensemble de ceux que présente la lumière cométaire est *l'aurore boréale*. Si l'explication que j'ai donnée des singularités de ce dernier phénomène a paru satisfaisante, les singularités plus grandes encore de la lumière des comètes n'auront plus rien d'étonnant ; et la nature, toujours conforme à elle-même, aura mis dans les jeux de la lumière la même diversité et les mêmes transitions qu'elle a mises dans tous ses ouvrages.

La lumière de la queue des comètes, moins dense que celle des parélies, est plus dense que celle des couronnes de l'aurore boréale. Mais ces trois spectres qui ne diffèrent entr'eux que par des nuances, ont pour caractère commun d'être produits par des rayons convergens.

Les rayons de la queue des comètes ressemblent à ceux des parélies en ce que les uns et les autres convergent sur un axe commun tiré du centre du soleil, et passent par le centre du sphéroïde réfringent. Les rayons qui produisent la couronne de l'aurore boréale diffèrent de ceux de la queue des comètes et des parélies en ce qu'ils ne convergent pas sur l'axe commun ; mais ils ont avec les rayons de la queue des comètes un point de ressemblance beaucoup plus remarquable ; c'est que leur direction est le résultat combiné de deux déviations en sens contraire, et que ces deux déviations, quoique produisant des effets différens, sont le résultat de la même cause qui est l'inégale densité des tranches verticales du fluide réfringent.

J'ai établi la base de l'explication de l'aurore boréale sur trois vérités qu'aucun physicien ou géomètre ne peut contester.

La première, c'est que l'air des régions équatoriales est moins dense que l'air des régions polaires, et que la densité des tranches verticales de l'air de la terre suit une progression croissante de l'équateur aux pôles.

La seconde, c'est que le pouvoir réfringent de l'air croît dans la même proportion que sa densité.

Et la dernière, c'est que lorsque la lumière traverse obliquement une masse d'air de densité graduellement croissante, la réfraction totale qui en résulte est la même que celle qui aurait été produite sous la même obliquité d'incidence, par un air d'une densité égale à celle de la plus dense des couches que la lumière traverse.

La figure de l'aurore boréale, construite d'après ces trois principes, présente aux rayons parallèles qui tombent sur l'hémisphère éclairé la tranche verticale V, qui étant oblique à leur incidence, leur fait subir une première déviation dans la direction de l'équateur au pôle. La lumière, par l'effet de ce premier changement de direction, traverse des couches d'air de densité graduellement croissantes, qui augmentent graduellement sa déviation vers le nord, et qui, dans le cas où le rayon *R* peut parvenir jusqu'au delà de l'horizon, produisent une déviation définitive égale à celle qui aurait été produite si la tranche verticale V avait eu la même densité que celle de la masse d'air qui s'appuie sur le pôle à la hauteur où elle a été traversée par le rayon *R*.

Mais aussitôt que le rayon *R* a eu franchi la tranche qui s'appuyait sur le pôle, les nouvelles tranches verticales

qu'il a traversées obliquement lui ont présenté une densité graduellement décroissante, de laquelle il a dû résulter une déviation en sens contraire; et si la cause de cette déviation a été aussi puissante que la cause de la première, la ligne que le rayon *R* aura suivie, après avoir traversé l'atmosphère de la terre, se sera trouvée parallèle à celle qu'il avait suivie dans l'espace avant d'atteindre cette atmosphère; c'est ce que j'ai supposé dans la figure de l'aurore boréale.

Mais, en expliquant ce dernier phénomène, j'avais, pour plus de clarté, fait abstraction d'une autre cause de déviation sans le concours de laquelle le rayon R, quoique infléchi par la seconde cause en sens inverse de la première, aurait pu ne pas être ramené jusqu'au parallélisme, et à plus forte raison jusqu'à la convergence vers l'axe commun de la terre et du soleil.

Cette seconde cause est la réfraction résultante de la sphéricité de l'atmosphère.

Le rayon R ne tombe pas perpendiculairement sur la tranche verticale V, car, avant de l'atteindre, il a traversé la haute région de l'atmosphère où il a trouvé des couches sphéroïdales qui ont présenté un plan incliné de 45 degrés à son incidence. Il a donc dû, dès lors, éprouver un commencement de déviation vers l'axe commun, et tomber sur la tranche V plus obliquement que je ne l'ai supposé.

Mais, en suivant maintenant la marche de ce même rayon, on voit que la seconde déviation qu'il a éprouvée, en franchissant la couche la plus dense de l'air polaire, a dû le faire sortir du sphéroïde atmosphérique par une

surface d'émergence plus inclinée à sa direction qu'elle ne l'aurait été s'il eût tombé perpendiculairement sur la tranche verticale V.

Une seule cause avait écarté le rayon R de l'axe commun, et cette cause était l'obliquité du plan V ; mais les causes qui le rapprochent de l'axe commun sont au nombre de trois, savoir : 1.° la réfraction d'émergence qui commence au moment où le rayon, après avoir traversé obliquement une masse d'air de densité graduellement croissante de l'équateur au pôle, traverse obliquement une masse d'air graduellement décroissante du pôle à l'équateur ; 2.° la réfraction résultante de l'incidence oblique du rayon sur le sphéroïde atmosphérique ; 3.° enfin la réfraction résultante de l'émergence oblique de ce même rayon au moment où il sort de l'atmosphère de la terre.

La réunion de ces trois forces contre la première doit faire pencher la balance, et le rayon R de l'aurore boréale doit converger vers l'axe commun d'une quantité quelconque.

●

Si l'on suppose que le rayon R rase la terre, et qu'il se trouve, entre le rayon R et le rayon P considéré comme le premier des divergens, une série de rayons dans le plan du méridien, tous ces rayons convergeront sur l'axe commun ; mais ceux d'entr'eux qui passeront le plus loin de la surface de la terre seront les plus convergens, parce que les tranches verticales V, sur lesquelles ils tomberont, se trouveront moins obliques à leur incidence, et parce que la tranche la plus dense qu'ils traverseront, sera moins dense que celle que traverseront

les rayons plus voisins de la terre, et qu'il doit résulter de chacune de ces deux causes une moindre déviation vers le nord, c'est-à-dire, vers un point du ciel situé du côté opposé à celui où se trouve l'axe commun.

On voit dès lors que le rayon R désigne, non pas un rayon isolé, mais un plan vertical formé par tous les rayons convergens qui débordent la terre dans la direction précise du méridien.

Mais il est bien essentiel d'observer que tout ce que je viens de dire n'est vrai que pour le rayon R considéré isolément, et cesse de l'être pour les rayons latéraux qui traversent le segment polaire; car en s'écartant du méridien, ces rayons entraînés en même temps vers l'axe commun et dans la direction de l'équateur au pôle, peuvent obéir en même temps à ces deux puissances, et leur obéissent, en effet, en convergeant vers le rayon R qu'ils atteignent à une distance d'autant plus voisine de la surface de la terre, qu'ils sont eux-mêmes plus éloignés du pôle.

La région du ciel où se manifeste le phénomène de la *couronne* est celle où ces rayons obliques qui croisent le rayon R sont réunis en plus grand nombre; mais ce phénomène de la couronne et les rayons obliques qui le causent sont absolument étrangers au phénomène de la queue des comètes.

Les comètes qui sont, ainsi que je crois l'avoir prouvé en parlant de leur formation (136), les satellites du soleil, se comportent à l'égard du soleil, comme les satellites à l'égard de leurs planètes, c'est-à-dire, qu'elles présentent toujours au soleil la même face, et qu'elles n'accomplissent leur révolution sur leur axe qu'en même temps que leur

révolution sidérale. Les comètes n'ont, dès lors, à proprement parler, ni pôles, ni équateur; et leur horizon toujours invariable, et composé, dans toute son étendue, d'un air également réfringent, doit produire un effet égal sur tous les rayons qui le traversent à une distance égale de la surface du noyau.

Il en résulte que, si l'atmosphère d'une comète était sphérique et composée d'un air d'égale densité, ou ce qui revient au même, de densité graduellement décroissante du centre à la circonférence, la convergence des rayons solaires sur l'axe commun produirait, dans la partie de l'axe où les foyers seraient le plus rapprochés, une image du soleil plus ou moins déformée, et le phénomène serait alors un véritable parélie.

Mais d'abord l'atmosphère d'une comète, ne peut pas être sphérique, ni même sphéroïdale; elle doit être ellipsoïdale, et la partie de l'atmosphère qui s'appuie sur l'hémisphère exposé aux rayons du soleil, doit être beaucoup plus élevée que celle qui s'appuie sur l'hémisphère où règne une nuit éternelle.

Cette ovalisation de l'atmosphère cométaire disséminant les foyers sur une plus grande étendue de l'axe, le spectre produit par la convergence doit dès lors présenter, non pas un foyer dominant, mais une série de foyers d'une lumière à-peu-près uniforme dans une très-grande étendue de l'axe. Cette série de foyers devrait se terminer par une série de cônes aigus et concentriques; et dans ce cas, le spectre total ressemblerait à la queue des comètes, avec cette différence que l'espace qui, dans ce cas, séparerait l'atmosphère de la queue ne serait pas, à beaucoup près, aussi considérable qu'il l'est en effet.

Un autre effet de l'ovalisation serait d'augmenter la masse des rayons divergens, et conséquemment d'augmenter la lumière de la frange aux dépens de celle de la queue.

Mais les rayons du soleil ne contribuent pas seulement à ovaliser l'atmosphère des comètes, ils contribuent en même temps à détruire l'égalité de densité, qui aurait dû exister entre les couches également éloignées du centre du noyau. On sent, en effet, que si la moitié d'atmosphère, qui s'appuie sur la région du jour, est plus élevée que la moitié opposée, les lois de l'équilibre veulent que celle-ci compense, par sa densité, la différence de hauteur.

Mais un dernier effet de la chaleur solaire, qui est le plus important de tous et sans lequel les phénomènes observés seraient inexplicables, est celui dont je vais parler et sur lequel je desire de fixer particulièrement l'attention du Lecteur.

J'ai dit qu'il existait, sous l'équateur, un courant d'air ascendant que la dilatation élevait au-dessus de la hauteur correspondante à sa densité relative; que cet air, en se condensant, s'écoulait vers les pôles; et que ce courant ascendant qui est perpétuel sous l'équateur, était entretenu par un air frais qui vient des pôles.

J'ai dit aussi que l'air équatorial ainsi surélevé ne devait pas s'écouler en même temps vers les deux pôles, mais que l'écoulement devait avoir lieu alternativement vers l'un ou l'autre des pôles suivant qu'il était plus ou moins refroidi.

J'ai dit enfin que ce changement périodique dans la direction des vapeurs, n'était pas applicable à un globe

qui, tel que celui de Jupiter, aurait son équateur dans le plan de son orbite, et que le partage par portions égales entre les deux pôles serait, dans ce cas, la conséquence nécessaire de l'indifférence des vapeurs à s'écouler vers un pôle ou vers l'autre.

Mais dans une comète immobile sous les feux du soleil, tous les points de l'horizon également éloignés du point central où règne la plus grande chaleur; ont un droit égal au partage des vapeurs qu'elle élève au-dessus de leur niveau naturel.

Le courant ascendant existant sur la portion de l'hémisphère, du jour qui est exposée aux rayons perpendiculaires du soleil, doit donc prendre la forme d'une gerbe dont les épis retombent également dans toutes les directions, et ce courant ne peut être entretenu que par des courans confluens qui partent à-la-fois de tous les points de l'horizon et qui ramènent sans cesse vers le centre du disque un air plus froid et plus dense.

De cette circulation fondée sur les lois du mouvement et qui est incomparablement plus régulière que celle qui, sur la terre, ramène l'air des pôles vers l'équateur, il doit résulter que l'air des comètes augmente graduellement de densité, à égalité de distance du noyau, depuis le point de l'hémisphère du jour qui a le soleil au zénith jusqu'à l'horizon et même jusqu'à quelques degrés au-delà de l'horizon.

J'ai donc dû construire la figure relative à la lumière des comètes, d'après les mêmes principes que la figure de l'aurore boréale, et supposer une tranche verticale et circulaire V V' oblique à l'incidence des rayons du soleil

R R' et D, et qui dès lors les réfracte en les écartant de l'axe commun AA.

Tous les rayons qui, tels que R et R', ne s'écarteront pas du noyau de la comète au-delà d'une distance quelconque désignée dans la figure par le grand arc BB, éprouveront, en traversant la portion de l'air réfringent renfermé dans cet espace, une réfraction en sens contraire qui sera assez forte pour les ramener à la convergence vers l'axe; mais tous les rayons qui tomberont au-delà de cette limite ne pourront plus être ramenés à la convergence et formeront un ordre accidentel de rayons divergens qui se joindront aux rayons crépusculaires C pour former la frange.

La lumière de la frange s'augmentera donc, dans ce cas, aux dépens de celle de la queue; car, si l'atmosphère de la comète n'eût pas eu dans la densité de ses tranches verticales la différence que la figure suppose, le rayon D ne serait pas tombé sur la continuation de la tranche verticale V, dont le pouvoir réfringent l'écarte accidentellement de l'axe; et comme son incidence sur le sphéroïde cométaire n'était pas assez oblique pour en faire un rayon crépusculaire C, il aurait suivi les lois ordinaires de la réfraction qui l'auraient fait converger vers l'axe.

Il résulte de cette partie de la figure, que le plus ou le moins de luminosité de la frange des comètes, résulte du plus ou du moins d'inégalité qui se trouve dans la densité des tranches verticales du sphéroïde réfringent.

Cette inégalité plus ou moins grande doit avoir pour base principale le degré de température qu'a le noyau de la comète avant qu'il éprouve, d'une manière sensible, l'effet des rayons du soleil.

Si la comète est encore alors dans un état voisin de l'incandescence, la différence de densité que produira la chaleur solaire dans les tranches verticales de son atmosphère, sera beaucoup moindre que celle qu'elle produirait dans le cas où le noyau de la comète se trouverait plus refroidi.

Or, il y a tout lieu de présumer, d'après les observations de M. Flaugergues, que parmi toutes les comètes visibles à la vue simple, celle de 1811 était une des plus refroidies.

Elle s'est manifestée d'abord sous la forme d'une petite étoile nébuleuse, et l'on doit conclure de cette forme apparente que l'atmosphère naturelle de la comète, c'est-à-dire, celle qui résultait de sa propre température avant qu'elle eût éprouvé l'effet de la chaleur solaire, n'avait qu'un très-petit diamètre comparativement à celui des atmosphères qui entourent ordinairement les comètes.

M. Flaugergues a en outre remarqué que la comète, en arrivant au périhélie, n'avait pas de queue; et si mon système n'est pas une chimère, cette circonstance prouve que l'air qui environnait alors son noyau avait une opacité suffisante pour intercepter totalement, ou presque totalement, le passage de la lumière.

Cet air était donc alors un air brumeux, c'est-à-dire, un air assez refroidi pour que l'eau et les autres matières gazeuses dissoutes dans l'atmosphère cométaire eussent eu la possibilité de se régénérer et de rendre l'air opaque par l'effet d'une précipitation semblable à celle de nos brouillards.

L'action du soleil ne fut pas d'abord assez puissante

pour dilater la totalité de ces vapeurs, et il dilata seulement celles qui étaient tournées vers lui et qui composaien la moitié supérieure de l'atmosphère; ce fut à cette hauteur seulement qu'il s'établit dans l'air une circulation, de laquelle résulta la transmission de quelques rayons divergens D qui, se joignant aux rayons crépusculaires C, composèrent la frange que M. Flaugergues vit pour la première fois, à l'époque où la comète approcha du périhélie.

Il dit, en effet, dans son rapport, que la partie de l'atmosphère tournée du côté du soleil, était brillante et transparente; mais que cette calotte lumineuse, au lieu de se contourner en sphère dans la partie inférieure, était prolongée en s'éloignant de l'axe, et se terminait par une lumière qui décroissait graduellement; et il a même ajouté que cette prolongation de lumière présentait une courbe de forme hyperboloïdale.

La lumière crépusculaire, augmentée par tous les rayons que la différence de densité des tranches verticales rendait accidentellement divergens, a dû présenter la forme observée; car, rien ne pouvait faire distinguer à M. Flaugergues la lumière réfléchie directement par l'atmosphère, de la lumière divergente qui s'échappait des bords de cette atmosphère et qui était réfléchie, soit par le fluide élémentaire, soit par des couches de l'atmosphère cométaire trop rares pour réfléchir d'une manière sensible la lumière directe du soleil, mais qui ne l'étaient pas assez pour ne pas réfléchir sensiblement cette lumière au moment où elle se trouvait augmentée par le passage des rayons C et D, c'est-à-dire, des rayons divergens tant ordinaires qu'extraordinaires. Et quant à la courbe hyperboloïdale, l'expérience de la carafe cylindrique ex-

posée aux rayons du soleil prouve que la forme qui termine à l'extérieur le faisceau des rayons divergens, est en effet une courbe hyperboloïdale.

M. Flangergues a observé encore, à cette même époque, c'est-à-dire, à celle qui a précédé immédiatement l'immersion de la comète dans les rayons du soleil, que l'intérieur de la prolongation de l'hémisphère éclairé était extrêmement obscur; ce qui n'avait rien d'étonnant à cette époque, puisque la seconde moitié de l'atmosphère de la comète interceptait les rayons du soleil, et devenait ainsi un corps privé de lumière et qui produisait une ombre.

M. Flangergues observe enfin qu'on apercevait un noyau et quelques rayons qui pénétraient à travers la caverne obscure.

La partie antérieure de l'atmosphère étant brillante et transparente, éclairait alors le noyau qui devait aussi recevoir quelque clarté directe.

Quant aux rayons qui traversaient l'obscurité, ils étaient de la même nature que ceux qui se manifestent sous la forme de jets pendant nos aurores boréales. L'air vaporeux de la comète, qui interceptait le plus grand nombre des rayons solaires, livrait accidentellement passage à quelques-uns d'entr'eux.

Pendant le séjour de la comète dans les rayons du soleil, séjour dont la durée fut, si je ne me trompe, d'environ deux mois, l'atmosphère de la comète augmenta de volume et acquit une diaphanéité suffisante pour livrer un passage facile à la lumière à travers la totalité de son atmosphère; la comète était entrée *sans queue* dans les rayons du soleil, elle en sortit *avec une queue*.

Cette queue était *divergente*, et, à cet égard, elle ressemblait à toutes les queues de comète qui ne diffèrent entr'elles, que par le plus ou le moins de divergence.

Mais cette queue présentait un caractère particulier; c'est qu'elle commençait à une *grande distance du noyau*.

Je n'ai trouvé dans aucun livre la distance précise qui, dans les comètes anciennement observées, séparait le noyau du commencement de la queue. Le silence qu'ont gardé, à cet égard, les observateurs, pourrait faire croire que la queue touchait immédiatement au noyau; mais ce serait une erreur. Je me souviens très-bien d'avoir vu, à la vue simple, la comète de 1772, qui était beaucoup plus brillante que celle de 1811; sa tête, qui ressemblait au disque de Vénus dans sa plus grande élongation, et qui se dessinait dans le ciel plus nettement que la tête de la comète de 1811, était séparée du commencement de sa queue par un espace obscur, mais beaucoup moins grand à la vérité que celui qu'on a remarqué dans la dernière comète.

Comme ce n'est point au noyau qu'est due la queue, et qu'il est, au contraire, un obstacle qui intercepte une partie des rayons destinés à la former, ce n'est pas sur le diamètre du noyau, mais bien sur le diamètre de l'atmosphère que l'on pourrait se régler pour déterminer, par la proximité plus ou moins grande de la partie la plus brillante de la queue, le rapport qui peut exister entre la puissance réfringente relative de deux atmosphères cométaires; mais on ne connaîtra jamais que très-imparfaitement le rapport absolu qui existe entre le diamètre de l'atmosphère réfringente et la distance de l'atmosphère au

foyer, parce qu'il est impossible de fixer d'une manière positive les limites d'une atmosphère cométaire, qui peut être sensiblement réfringente à une hauteur où elle ne serait pas sensiblement réfléchissante.

Tout ce qu'on peut raisonnablement conclure, à cet égard, des observations faites sur la distance qui se trouvait entre la tête et la queue de la comète de 1811, c'est que cette distance était beaucoup plus grande que la distance ordinaire.

La cause de cette différence est facile à expliquer dans mon système; car elle devient la conséquence nécessaire de l'anomalie qui a rendu la frange de la comète de 1811 beaucoup plus lumineuse que les franges des comètes antérieures : franges que les anciens astronomes n'avaient pu distinguer, ou dont ils ne s'étaient pas occupés.

J'ai prouvé que les franges cométaires devaient être d'autant plus brillantes, qu'il existe une plus grande différence de densité entre les tranches verticales dont se compose la partie éclairée de leur atmosphère; et il est facile de prouver que la même cause doit éloigner le foyer des rayons convergens.

Si les rayons convergens R et R' ne rencontraient pas dans leur passage la tranche verticale V qui les éloigne de l'axe, ils convergeraient au foyer véritable du sphéroïde cométaire; et si la tranche verticale V était moins réfringente que je ne le suppose dans la figure, le foyer réel de convergence se trouverait moins éloigné du foyer virtuel.

La distance plus ou moins grande qui se trouve entre la tête d'une comète et la partie de sa queue, où le rapprochement des rayons convergens rend la lumière

assez dense pour que le fluide élémentaire puisse la réfléchir d'une manière sensible, doit donc toujours être proportionnelle au pouvoir réfringent de la tranche verticale V : pouvoir qui, lui-même, est proportionnel à la différence plus ou moins grande de densité relative entre les tranches verticales que traversent les rayons convergens.

M. Flaugergues a observé que le noyau se distinguait plus clairement après le périhélie qu'avant le périhélie ; ce qui n'a rien d'étonnant, puisque l'atmosphère, devenue plus diaphane, laissait passer alors beaucoup plus de lumière.

La remarque par laquelle il termine son rapport est surtout précieuse.

« On voyait toujours, dit-il, dans l'intérieur de l'espace éclairé formé par la prolongation de la moitié supérieure de la calotte, un grand espace obscur qui s'élevait jusqu'au-dessus du noyau ; mais cet espace était traversé alors par des rayons beaucoup plus nombreux ».

L'atmosphère raréfiée pendant le séjour de la comète dans les rayons du soleil, était devenue perméable à la lumière, puisque le phénomène de la queue se manifestait, et que, dans mon système, la queue n'est autre chose que la manifestation des rayons solaires qui traversent les atmosphères cométaires et qui se croisent sur un axe commun.

L'explication que j'ai donnée des obscurités observées avant le périhélie, ne convient donc plus aux obscurités observées après le périhélie.

L'ombre de l'atmosphère n'existait plus; l'ombre du noyau existait encore; mais ce noyau qui, dans le vaste sphéroïde atmosphérique, n'occupe qu'un très-petit espace, n'aurait produit qu'un effet peu sensible; son ombre d'ailleurs n'aurait pu être traversée par des rayons, et M. Flaugergues n'aurait pas vu cette ombre s'élever jusqu'au-dessus du noyau.

Le mélange de la lumière et de l'ombre est représenté d'après nature dans la figure 4; la cause en est indiquée dans la figure 1.ere, et plus exactement encore dans la figure 5.

J'ai prouvé dans le chapitre *des ombres* et dans celui de *la diffraction*, que l'ombre avait lieu sans l'interposition d'un corps opaque toutes les fois que par une cause quelconque les rayons de la lumière étaient détournés de leur route; et chacun peut se convaincre de cette vérité en exposant au soleil, soit une loupe de cristal, soit un globe de verre plein d'eau.

Il ne s'agit donc plus que de trouver dans les lois du mouvement la cause qui détournait la lumière du grand espace obscur.

Or, cette cause est évidente, d'après la marche des rayons telle qu'elle est indiquée dans la figure 5.

S'il est vrai que tous les rayons incidens qui tombent sur la tranche verticale V, au-dessous du point qui termine le grand arc B B, soient déterminés à la convergence en suivant une marche analogue à celle des deux rayons R et R'; et s'il est également vrai que tous les rayons qui tombent sur la même tranche verticale, mais au-dessus de la hauteur désignée par le grand arc, soient des rayons divergens dont la marche est semblable à celle

du rayon D ou à celle du rayon C qui est censé tomber à une hauteur où la différence de densité des tranches verticales cesse d'être sensible, tous les rayons qui tomberont sur la moitié éclairée du sphéroïde cométaire et qui ne tomberont pas sur le noyau, se trouveront divisés en deux faisceaux, celui des divergens et celui des convergens. Le point de séparation de ces deux faisceaux formera le sommet d'un angle, et ce sommet se trouvera placé un peu au-dessus du noyau (*figure* 1 et 5).

A partir de ce sommet jusqu'à l'extrémité de la frange, les convergens et les divergens continueront de s'écarter et laisseront entr'eux un grand espace désigné par la lettre N, (*fig.* 5.) dans l'intérieur duquel il ne passera pas un seul des rayons directs du soleil.

Au-delà des rayons convergens qui, comme on le verra bientôt, doivent se croiser entr'eux avant d'atteindre l'axe, se trouve une autre caverne obscure N', résultante pour une petite partie de l'ombre du noyau, et pour la plus grande partie de la marche des rayons convergens qui ne commencent à se rapprocher de l'axe commun qu'après en avoir été écartés par l'effet de leur incidence sur la tranche verticale V.

Cette seconde caverne N' que l'on peut appeler la caverne centrale forme un cône renversé dont le sommet se trouve sur l'axe commun au point de convergence et dont la base est voisine du noyau. A cette hauteur, le diamètre de l'espace obscur se rétrécit, et se prolonge en se rétrécissant toujours jusqu'au-dessus de l'horizon de l'hémisphère éclairé.

Au moment où la lumière des rayons R et R', rendue d'abord divergente par la rencontre de la tranche verticale V,

commence à converger, elle est plus rare que la lumière solaire qui éclaire alors d'une manière uniforme l'immensité de l'espace; les rayons R et R' ne doivent donc pas être visibles au commencement de leur convergence, mais ils doivent devenir visibles à leur point de croisement, parce qu'ils sont alors beaucoup plus denses que les rayons ordinaires.

Je vais indiquer la cause de ce croisement qui est une conséquence nécessaire des lois de la réfraction.

Les rayons qui remplissent l'espace renfermé entre la surface du noyau à l'horizon et le grand arc limitateur, forment une série contigue de plans verticaux. Tous les rayons dont chaque série est composée sont destinés à la convergence; mais aucun d'eux ne converge au même foyer.

Les deux rayons R et R' désignent, l'un le premier, l'autre le dernier des rayons dont se compose chaque plan vertical.

Ces deux rayons sont parallèles entr'eux au moment de leur incidence sur la tranche V; tous deux sont écartés de l'axe par l'effet de la réfraction, mais ils le sont inégalement : car la tranche réfringente est composée elle-même de couches concentriques dont la densité est graduellement décroissante du centre à la circonférence. Le rayon R' sera donc toujours moins dévié que ne le sera le rayon R.

Il résultera de cette moindre déviation du rayon R', que l'on peut supposer plus ou moins sensible, deux effets contraires; car si, d'un côté, le point d'émergence du rayon R', à sa sortie du fluide réfringent renfermé dans le grand arc BB, en se rapprochant du point d'émer-

gence du rayon R, se rapproche en même temps de l'axe commun, l'obliquité de la ligne d'émergence de ce même rayon R', mesurée sur le grand arc BB, deviendra moindre, et il sera, dès lors, moins fortement réfracté vers l'axe commun; et il arrivera, par la raison contraire, que plus le point d'émergence du rayon R' se trouvera éloigné du point d'émergence du rayon R et conséquemment de l'axe commun, plus la ligne d'émergence du rayon R' se trouvera oblique au plan d'émergence mesuré sur le grand arc BB; et conséquemment plus le rayon R' sera fortement réfracté vers l'axe commun.

Or, j'ai renfermé dans le grand arc BB, pris sur un cercle imaginaire dont on peut supposer le diamètre aussi grand ou aussi petit que l'on voudra, la série des rayons incidens qui doivent converger sur l'axe commun par l'effet de la puissance réfringente d'un fluide que j'ai supposé également renfermé dans les limites du même grand arc BB; et il résulte évidemment de cette disposition que, quel que soit le degré de déviation qu'éprouve le rayon R' en traversant le fluide réfringent, le point de l'axe commun vers lequel il convergera sera toujours plus rapproché du noyau de la comète que le point de l'axe vers lequel convergera le rayon R; et nous retombons ici dans la loi générale qui détermine les divers foyers des rayons convergens qui ont traversé, sous différens degrés d'obliquité, une lentille ou une sphère de densité homogène: loi en vertu de laquelle les rayons incidens les plus éloignés de l'axe sont toujours ceux qui convergent au foyer le plus rapproché.

Cet effet ne peut avoir lieu dans les deux cas, sans que, dans l'intervalle qui sépare le milieu réfringent du plus

rapproché des foyers, il ne s'opère un croisement entre les rayons qui appartiennent aux foyers les plus éloignés et ceux qui appartiennent aux foyers les plus rapprochés, et l'on voit en effet dans la figure, que les rayons R et R' se croisent au point X. Tous les rayons que l'on peut supposer entre le rayon R et le rayon R' se croiseront également, mais à des distances d'autant plus éloignées du milieu réfringent, que leurs points d'incidence sur la tranche verticale V se seront plus ou moins rapprochés d'un rayon moyen placé à égale distance de R et de R' : ce rayon moyen deviendra, dès lors, un axe particulier sur lequel s'opérera la série des croisemens.

Chaque rayon convergent était invisible, parce que sa lumière isolée était plus rare que celle des rayons solaires qui traversent librement l'immensité de l'espace; mais le rassemblement des rayons convergens de chaque série verticale a dû les rendre visibles à la proximité du point de croisement; et le phénomène a dû, dès lors, présenter, et a présenté en effet, l'image d'une caverne ténébreuse, dans l'intérieur de laquelle on apercevait des rayons : rayons qui étaient en petit nombre avant le périhélie, parce que la plus grande partie d'entr'eux était alors interceptée par une atmosphère dense et brumeuse, et qui, par la raison contraire, étaient *beaucoup plus nombreux après le périhélie.*

Mais les rayons convergens R et R', après s'être croisés sur le rayon moyen, sont devenus divergens entr'eux; ils ont de nouveau cessé d'être visibles; et l'obscurité a dû renaître dans la caverne jusqu'à ce que la masse entière des rayons convergens fût assez rapprochée de l'axe commun pour produire un commencement de clarté.

M. Flaugergues a observé que cette auréole résultante du rapprochement des rayons convergens vers l'axe commun, était très-voisine du commencement de la queue, et la chose a dû être ainsi, parce que la série des foyers de convergence était très-étendue et que dès lors ceux des rayons, dont le foyer de convergence était très-éloigné, ne se trouvaient pas assez rapprochés entr'eux à la hauteur de l'auréole, pour pouvoir contribuer à sa clarté qui était entièrement due au rapprochement de ceux des rayons qui convergeaient au sommet de la queue et qui, étant les plus convergens de tous, ne pouvaient produire un commencement de clarté qu'à une très-petite distance du foyer vers lequel ils se dirigeaient.

La théorie d'après laquelle la figure 5 est construite est conforme à la théorie de Newton en ce qui concerne le mouvement de la lumière à travers un milieu réfringent, et à la théorie de M. Laplace en ce qui concerne la circulation occasionnée dans une masse d'air par la chaleur solaire; mais elle est fondée sur deux hypothèses : l'une que les comètes, en général, n'ont aucun mouvement de rotation; l'autre qu'il existe dans l'espace un fluide qui a la propriété de réfléchir la lumière.

La première de ces deux hypothèses doit être admise par ceux mêmes qui ne seraient pas convaincus, comme je le suis moi-même, que les comètes ont été formées d'après les mêmes lois que les satellites qui n'ont aucun mouvement de rotation; car, puisque parmi les nombreuses observations qui ont été faites sur les noyaux cométaires, il ne s'en trouve pas une seule de laquelle on puisse induire que ces noyaux ont un mouvement diurne, et que notamment la comète de 1811

qui a été observée pendant très-long-temps, avec d'excellens instrumens, et dans les circonstances les plus favorables, n'a présenté aucune trace de ce mouvement qui n'est point essentiel aux astres, je suis fondé à supposer que la comète de 1811 a, pendant toute la durée de son apparition, reçu les rayons du soleil sur la même partie de son disque, et qu'en général toutes les comètes, comme tous les satellites, sont privés du mouvement diurne.

Ma seconde et dernière hypothèse doit également être admise, car je crois avoir démontré jusqu'à l'évidence, dans le premier volume de cet ouvrage, qu'il était impossible que l'espace ne fût pas rempli d'un fluide subtil; et quant à la propriété réfléchissante de ce fluide, propriété qui renverse entièrement la partie de la théorie de Newton relative à la réflexion de la lumière, il me paraît impossible de se refuser à la conviction qui résulte des explications que j'ai données dans les chapitres précédens: explications qui n'ont rien d'arbitraire, et dans lesquelles l'esprit se trouve conduit pas à pas depuis le pouvoir réfléchissant de l'air grossier que nous respirons, jusqu'au pouvoir réfléchissant de l'air subtil à travers lequel les astres circulent. Je vais les résumer.

1.° Aucun physicien ne doute que les crépuscules ordinaires ne soient une dérivation de la lumière du soleil réfléchie par une couche d'air d'une extrême rareté, et dont le calcul a établi la hauteur à dix-huit lieues au dessus de la surface de la terre.

2.° Les crépuscules d'une durée extraordinaire sont également réfléchis par la couche d'air que le soleil éclaire alors, mais qui doit être beaucoup plus élevée

que celle que réfléchit les rayons du crépuscule ordinaire.

3.° La lumière de l'espèce de crépuscule qui précède et qui suit l'aurore boréale, ainsi que celle des jets qui s'élèvent de l'horizon, nous est réfléchie par un air qui n'est pas beaucoup plus élevé que celui qui nous réfléchit le crépuscule ordinaire; mais, comme les jets, en s'élevant vers le zénith, s'éloignent du spectateur, l'air qui réfléchit alors leur lumière est incomparablement plus élevé au-dessus de la surface de la terre que l'air qui la réfléchit au moment où ils rasent l'horizon. Lorsque les jets de l'aurore australe sont aperçus par un spectateur placé sous le cercle polaire boréal, il faut nécessairement, même en supposant la réfraction la plus forte, qu'au moment où leur lumière se manifeste, l'air ou le fluide quelconque qui la réfléchit soit élevé au moins à trois mille lieues au-dessus de la surface de la terre; et lorsque la réunion des jets du nord et du midi forme une couronne brillante au zénith du spectateur, l'air ou le fluide quelconque qui réfléchit la lumière de cette couronne doit être élevé de huit à dix mille lieues au-dessus de la même surface.

4.° Enfin, lorsque par l'effet d'une réfraction extraordinaire le crépuscule se convertit en lumière zodiacale, cette lumière, vers sa base, nous est réfléchie par un air qui n'est pas plus éloigné de nous que celui qui réfléchit le crépuscule. Mais, à mesure que la pyramide zodiacale s'élève, sa lumière nous est réfléchie par un air ou un fluide quelconque qui s'élève graduellement comme la pyramide jusqu'à une hauteur évaluée par les astronomes à douze ou quinze millions de lieues, sans que la diffé-

rence de rareté qui existe entre les diverses couches de ce fluide réfléchissant, influe d'une manière sensible sur l'intensité de la lumière qui ne décroît, dans ce cas, que suivant la loi ordinaire du carré des distances.

Le fluide qui remplit l'espace de quelle que soit sa nature, est donc un fluide doué du pouvoir de réfléchir la lumière.

Un des membres de la classe des sciences, dont j'ambitionne particulièrement le suffrage, a dit qu'il adopterait mon système sur la queue des comètes s'il pouvait se déterminer à supposer qu'un fluide aussi rare que le fluide éthéré fût capable de réfléchir la lumière.

Or, l'argument tiré de la pyramide zodiacale qui, de l'aveu des astronomes, s'élève jusqu'au ciel de Mars et ne peut être autre chose qu'une déviation de la lumière solaire qui, après avoir rasé l'horizon, converge faiblement vers l'axe commun de la terre et du soleil, me paraît une preuve irrécusable qu'en effet le fluide éthéré ou élémentaire a la propriété de réfléchir la lumière et qu'il la réfléchit d'une manière sensible pour notre œil, lorsque l'obscurité nous permet d'apercevoir les faibles nuances qui augmentent ou diminuent dans une partie du ciel la clarté uniforme de la nuit.

Mais cette même pyramide zodiacale, dont la base se confond avec le crépuscule, et dont le sommet s'élève jusqu'au ciel de Mars, prouve une vérité bien autrement importante; c'est que la lumière, ainsi que je l'ai établi dans ma théorie, n'est point réfléchie par les molécules solides des corps, mais par le calorique qui isole entr'elles ces molécules et qui forme autour de chacune d'elles une atmosphère à laquelle j'ai donné le nom d'atmosphéroïde.

Le calorique, qui est le dissolvant universel des corps, est la cause de leur liquidité et de leur fluidité, et il est encore la cause des divers degrés de fluidité dont un même corps est susceptible.

La seule différence qui existe entre un corps à l'état liquide et le même corps à l'état fluide, c'est que, dans ce dernier état, le diamètre de ses atmosphéroïdes est plus grand que dans le premier.

Si vous placez alternativement ce corps, devenu fluide, sous une pression égale à 28 pouces de mercure, sous une pression égale à 14 pouces, et sous une pression égale à un pouce, le diamètre de ses atmosphéroïdes sera double dans le second cas, et il sera vingt-huit fois plus grand dans le dernier. Supposez la pression mille fois moindre, les molécules de ce corps seront mille fois moins nombreuses, mais le diamètre de ses atmosphéroïdes sera mille fois plus grand.

Il n'est pas douteux que dans le gaz aériforme qui réfléchit la lumière du sommet de la pyramide, il n'y ait au moins un million de fois moins de molécules solides qu'il n'y en a dans le gaz qui en réfléchit la base ; et cependant la puissance réfléchissante a la même énergie au sommet qu'à la base. Le nombre des molécules solides dont un gaz est composé, n'a donc aucune influence sur sa puissance réfléchissante.

Si mon système sur la cause de la réflexion de la lumière est adopté, l'égalité de puissance réfléchissante dans les deux cas, n'aura rien de surprenant ; car, puisque les circonférences des sphères croissent dans la même proportion que leurs diamètres, et que la quantité de lumière réfléchie doit être proportionnelle à la quantité

de lumière incidente, une atmosphéroïde dont le diamètre est égal à mille, doit recevoir mille fois plus de lumière et en réfléchir mille fois davantage qu'une atmosphéroïde dont le diamètre est égal à un.

Newton s'est donc évidemment trompé lorsqu'il a attribué la réflexion de la lumière à de prétendues vibrations des molécules solides des corps, et à un prétendu pouvoir répulsif dont ces mêmes molécules solides lui ont paru douées.

Le calorique est le seul corps de la nature qui soit doué du pouvoir de réfléchir la lumière.

En admettant ce principe, tout s'explique, et la lumière n'est plus qu'un mobile ordinaire qui accomplit dans un fluide résistant la courbe de moindre résistance.

En le rejetant, tout est inexplicable, et l'on est forcé de dire avec Voltaire que la cause de la réflexion de la lumière est le *secret de Dieu.*

Les deux hypothèses de l'immobilité du noyau des comètes et de la propriété réfléchissante du fluide élémentaire étant admises, et la construction de la figure se trouvant d'ailleurs conforme aux lois de la statique et de la dioptrique, toutes les singularités de la comète de 1811 se trouvent expliquées, et l'observation qui dément si souvent la théorie devient, en faveur de mon système, le plus puissant des argumens.

La comète, avant de s'approcher du soleil, ressemblait à une petite étoile nébuleuse : son atmosphère alors n'était donc pas très-élevée; et comme la hauteur de l'atmosphère d'un astre éloigné du soleil doit toujours être proportionnelle à la température du noyau, j'en conclus que le noyau de la comète de 1811 était parvenu à un état notable de refroidissement.

Lorsque la comète de 1811 s'est approchée du périhélie, les rayons du soleil n'ont pu parvenir au delà de la moitié inférieure de son atmosphère. J'en conclus que cette atmosphère avait alors un degré d'opacité qui provenait de ses nébulosités, et les nébulosités de l'atmosphère prouvaient elles-mêmes que la température du noyau n'était pas très-élevée.

Il n'a point alors paru de queue, parce que l'opacité de l'atmosphère présentait un obstacle au passage de la lumière à travers l'hémisphère inférieur; mais il a paru une frange, parce que l'hémisphère supérieur était alors assez dilaté pour devenir diaphane, et que la circulation, produite par la chaleur, rendait alors les couches atmosphériques appuyées sur le noyau vers l'horizon plus denses que celles qui étaient exposées aux rayons perpendiculaires du soleil.

Mais déjà quelques rayons s'ouvraient un passage à travers l'hémisphère inférieur; leur croisement sur le rayon moyen rendait leur lumière sensible, et on les voyait passer à travers la sombre caverne produite à la fois par l'ombre de l'atmosphère opaque et par la déviation des rayons dont la divergence formait la frange.

Pendant le temps où la comète était restée plongée dans les rayons du soleil, ses brouillards avaient été raréfiés et son atmosphère était devenue plus grande et entièrement diaphane.

La comète était entrée sans queue dans les rayons du soleil, elle en sort avec une queue, et sa frange est plus lumineuse qu'auparavant. Mais la caverne obscure existe toujours dans l'intérieur de la frange, parce que la déviation des rayons qui produisent la frange et de ceux qui

produisent la queue, s'exerce en sens contraire et laisse entr'eux un grand espace privé de lumière.

Il était indispensable, en effet, que l'obscurité de cet espace fût plus profonde que celle de la nuit; car, puisque la clarté de la queue et de la frange était le résultat d'une accumulation accidentelle de la lumière uniforme de la nuit, la queue et la frange eussent été deux effets sans cause, si les rayons du soleil eussent passé entre la queue et la frange aussi librement que dans le surplus de l'espace.

Les rayons qui, après avoir divergé en s'écartant de l'axe par l'effet de leur incidence oblique sur les tranches verticales voisines de l'horizon cométaire, ont été ramenés vers l'axe par la réfraction d'émergence, et ont traversé invisiblement la caverne tant qu'ils ont été plus rares que les rayons émanés du soleil; mais au moment où les plus convergens ont croisé les moins convergens, on les a vu briller en grand nombre, et ils se sont éteints après le croisement jusqu'au moment du rassemblement des plus convergens sur l'axe commun.

Leur foyer, quoique le plus élevé de tous les foyers, a dû se trouver à une grande distance du noyau, parce qu'il n'était pas leur foyer naturel, mais un foyer accidentel dont l'éloignement était dû à la divergence qui avait précédé leur convergence.

J'ai lieu de croire que la discussion à laquelle je viens de me livrer, a porté la conviction dans les esprits; mais il me reste encore un grand nombre de phénomènes à expliquer. Ceux qui étaient connus et qui, jusqu'à présent, ont été considérés comme inexplicables, ne

sont pas pour moi les plus embarrassans ; et la plus terrible des objections est celle que M. Flaugergues est en droit de me faire.

Il a observé plusieurs fois les étoiles à travers la queue et l'atmosphère de la comète. Il en a même observé une dans le voisinage du noyau ; et cette étoile, dont la lumière traversait l'atmosphère de la comète dans sa plus grande épaisseur, n'a point été déplacée par la réfraction. M. Flaugergues a conclu de cette observation, que l'atmosphère des comètes n'avait *aucun pouvoir réfringent* : conclusion qui, si elle était fondée, saperait mon système par la base.

Je répondrai à cette objection; mais je dois avant tout m'occuper des phénomènes généraux dont voici l'énumération :

1.° La lumière de la tête des comètes augmente à mesure qu'elles approchent du soleil.

2.° La queue des comètes est toujours en opposition avec le soleil.

3.° Leurs queues sont plus grandes et plus brillantes immédiatement après le périhélie.

4.° Leurs queues s'écartent un peu de la direction du soleil au noyau ou corps de la comète, et se courbent vers le côté que la comète vient de quitter.

5.° Cette déviation, toutes choses égales, est la plus petite lorsque la tête de la comète approche le plus du soleil.

6.° La déviation est moindre auprès de la tête que vers l'extrémité de la queue.

7.° Les queues sont un peu plus brillantes dans la partie convexe que dans la partie concave.

8.° La partie concave est moins distinctement terminée que la partie convexe.

9.° Les queues paraissent toujours plus larges à leur extrémité qu'auprès de la comète.

10.° Enfin, les queues sont toujours transparentes, et les plus petites étoiles peuvent toujours s'apercevoir au travers.

Je vais expliquer ces dix phénomènes.

« 1.° La lumière de la tête des comètes augmente à mesure qu'elles approchent du soleil ».

A mesure que les comètes s'approchent du soleil, sa chaleur augmente le volume de l'atmosphère naturelle de la comète et vaporise de nouveaux principes qui, avant le périhélie, étaient à l'état liquide ou solide; l'atmosphère cométaire se trouve alors plus élevée et composée de gaz plus nombreux; et comme la quantité de lumière qu'un corps reçoit du soleil augmente en raison du carré de sa proximité de cet astre, il doit y avoir plus de lumière réfléchie par l'atmosphère ou la tête de la comète lorsqu'elle est voisine du soleil, que lorsqu'elle en est éloignée.

« 2.° La queue des comètes est toujours en opposition avec le soleil ».

C'est précisément cette constance dans la direction des queues qui m'a inspiré le desir de vérifier s'il ne serait pas possible d'expliquer le phénomène en supposant que la queue n'est autre chose que la lumière du soleil rendue

convergente par son passage à travers l'atmosphère des comètes.

« 3.° Leurs queues sont plus grandes et plus brillantes immédiatement après le périhélie ».

La beauté des queues doit être proportionnelle à la quantité de lumière qui traverse l'atmosphère cométaire.

Avant le périhélie, cette atmosphère plus dense et moins diaphane laisse passer une moindre quantité de rayons; la chaleur, à cette époque, n'a pas été assez prolongée pour élever de nouveaux gaz; et comme la somme de ces gaz nouveaux augmente graduellement pendant tout le temps où la comète reste plongée dans les rayons du soleil, son atmosphère devenue, après le périhélie, plus étendue et plus perméable à la lumière, doit dès lors recevoir et transmettre une plus grande quantité de rayons.

Cette règle ne souffre d'exception que dans le cas où la comète passerait très-près du soleil, parce qu'alors son atmosphère qui éprouverait une trop forte dilatation, ou dans laquelle l'ordre de densité des couches se trouverait interverti, deviendrait moins propre à rassembler les rayons au foyer commun. C'est ce qui est arrivé à la comète de 1680, dont la queue a augmenté graduellement de longueur dans les quarante-cinq jours qui ont suivi son apparition après le périhélie.

« 4.° Leurs queues s'écartent un peu de la direction du soleil au noyau, et se courbent vers le côté que la comète vient de quitter ».

La courbure de la queue des comètes, si elle était réelle, donnerait le démenti le plus formel à mon système; car les rayons qui traversent une sphère réfringente doivent converger sur la prolongation d'une ligne droite qui passe à-la-fois par le centre du soleil et par le centre de la sphère; et j'aurais été forcé de renoncer à mes premières idées, si je n'avais pas été convaincu d'avance que la courbure des queues n'était qu'une illusion optique. J'ai été assez heureux pour découvrir la cause de cette illusion, et ce n'est qu'à compter de ce moment que mon système a pris, à mes yeux, le caractère d'une découverte positive.

La courbure de la queue des comètes est un phénomène du même genre que celui de l'aberration des étoiles fixes : tous deux sont produits par le retard du mouvement progressif de la lumière.

La figure 1.ère qui, comme toutes les autres figures annexées à cet ouvrage, est purement graphique, suffit pour rendre intelligible (1) la solution de cet intéressant problème.

---

(1) La vérification de cette figure exige quelqu'attention; et comme on n'aime pas, en général, à prendre une peine inutile, et qu'il existe toujours contre les idées nouvelles un préjugé défavorable, je crois devoir, pour encourager le lecteur, transcrire ici un passage de la lettre que m'écrivit M. Flaugergues en m'accusant la réception de ma brochure sur les comètes.

» Il faut convenir que vous avez eu une idée très-ingé-

On sait que la lumière parcourt l'espace avec une vitesse de quatre millions de lieue par minute; que pendant le même temps la terre parcourt environ cinq cents lieues; et que les comètes se meuvent avec une vitesse quelquefois plus grande que celle de la terre.

Je considère la déviation apparente de la queue comme le résultat nécessaire de ces trois élémens.

J'invite les astronomes qui seront témoins de l'apparition d'une nouvelle queue de comète, de vouloir bien observer son angle de déviation et les variations qu'il éprouvera; ils se convaincront que ce phénomène est dû à la cause que j'indique.

Pour rendre cette cause plus facile à comprendre, je vais faire abstraction du mouvement de la terre, et supposer le spectateur immobile.

Soient (*fig.* 1.re) la terre T, le soleil S, la comète ou le commencement de la queue C, l'extrémité de la queue Q et la ligne de direction de la comète C D.

On conçoit que si la comète C se meut vers D, elle deviendra successivement C'C", et se trouvera successivement dans la direction des trois rayons SQ, SR et SV.

---

nieuse d'attribuer cette courbure (selon vous apparente) à l'aberration que les astronomes appellent aberration des planètes. Je crois que cette idée vous appartient entièrement. Je ne sais aucun physicien ou astronome qui ait remarqué qu'*en vertu du mouvement successif de la lumière une ligne droite vue obliquement peut paraître courbe.* Cette idée peut trouver son application. »

Je suppose que la lumière arrive du soleil en C en six minutes, et qu'il lui faille quatre minutes de plus pour arriver en Q.

Dans cette supposition, pour que la queue nous parût droite et dans la direction du soleil, il faudrait deux circonstances impossibles; savoir, que le mouvement de la comète fût dans la direction du rayon SQ, et que la terre se trouvât placée à une égale distance des deux extrémités de la queue CQ.

La queue doit donc être déviée, et elle le sera d'autant plus, toutes choses égales, que la ligne de direction CD s'approchera davantage de la perpendiculaire CP.

Il est aisé de voir maintenant que cette déviation doit avoir lieu du côté du ciel, opposé à celui vers lequel la comète se dirige.

Lorsque j'aperçois le point Q, la comète ne peut plus être vue au point C; car alors je verrais en même temps le point Q et le point C, ce qui est contre la supposition; il faut donc que je voie, au moment où j'aperçois le point Q, un point quelconque C' ou C'' de la ligne CD; si c'est le point C' que je vois, j'aurai la queue C'Q; si c'est le point C'', j'aurai la queue plus déviée C''Q; mais la déviation plus ou moins grande aura toujours lieu vers la partie du ciel opposée à celle vers laquelle se meut la comète.

Il en résulte encore, que plus le mouvement de la comète sera rapide dans sa direction CD, plus la queue sera déviée; car la queue étant le résultat de la vision simultanée de ses deux extrémités, il est évident que si, pendant les quatre minutes de retard, la comète a eu le

temps de s'avancer jusqu'en C'', j'aurai l'angle de déviation QC''V, au lieu que si elle ne s'est avancée que jusqu'en C', je n'aurai plus que l'angle de déviation QC'R, plus petit que l'angle QC''V.

L'angle de déviation que doit avoir la queue dans une circonstance donnée, peut être déterminé géométriquement; et, pour comprendre à cet égard ma démonstration, il suffira de savoir qu'un triangle a trois côtés et trois angles, et que la connaissance de trois de ces choses (1) donne la connaissance des trois autres.

On connaît la distance de la terre au soleil T S, la distance de la terre à la comète T C et l'angle formé par ces deux lignes; on connaît donc le triangle STC.

On connaît la ligne TC, l'angle formé avec cette ligne par la continuation de la ligne SC, et l'angle formé par la ligne TC et la ligne TQ; on connaît donc le triangle TCQ. Ce dernier triangle apprend quel est le nombre de lieues qui existe entre le point C et le point Q; et conséquemment le temps qu'il faut à la lumière pour arriver de C en Q. Je suppose quatre minutes.

On connaît la direction et la vitesse du mouvement de la comète; on peut donc déterminer le point de la ligne CD vers lequel elle se sera avancée dans l'espace de quatre minutes. Je suppose que ce point soit C', il en doit résulter une première déviation, que j'appelle *déviation réelle*, parce qu'elle serait aperçue dans le cas même

(1) Il ne suffirait pas de connaître les trois angles, il faut que parmi les trois choses connues il y ait au moins un côté.

où la terre se trouverait à une distance égale des deux extrémités de la queue.

Mais, comme la terre est toujours plus voisine du point C que du point Q, il en résulte un plus grand angle de déviation ; car si la différence entre les lignes TC' et TQ est telle qu'il faille trois minutes de plus à la lumière réfléchie par Q pour arriver en T, la comète C' aura le temps d'arriver en C'' avant que je puisse avoir une perception simultanée du commencement de la queue et de son extrémité ; je ne verrai donc pas la queue réelle C'Q, mais la queue apparente C''Q, plus déviée que C'Q.

Je dois observer que cette nouvelle déviation n'est pas, comme la précédente, le résultat du mouvement *vrai* de la comète, mais le résultat de son mouvement *apparent;* et j'entends par son mouvement apparent, non pas son mouvement apparent diurne qui résulte de la rotation de la terre sur son axe, mais le mouvement apparent qui résulte de la combinaison du mouvement réel de la comète avec le mouvement de translation de la terre : combinaison qui produit une altération très-sensible tant dans la direction que dans la vitesse apparente du mouvement de la comète.

Je suppose, pour plus de clarté, qu'il n'en résulte aucun changement dans la direction ; il est facile de prouver qu'il y a assez de choses connues pour arriver à la solution du problème.

Cherchons d'abord l'angle de déviation réelle R C' Q.

On peut construire le triangle SCC' ; car on connaît la ligne SC, la ligne CC' et l'angle C'CS, formé par ces deux lignes.

On peut également construire le triangle QCC', dans lequel on connaît la ligne CQ, la ligne CC' et l'angle QCC'.

Il ne s'agit donc plus, pour trouver l'angle cherché, que de prolonger la ligne connue SC'.

Pour trouver maintenant l'angle de déviation apparente VC"Q, il suffit de construire, d'après les mêmes données, les triangles SCC" et QCC" et de prolonger la ligne connue SC".

D'après le problème que je viens de résoudre, la queue devrait être déviée en ligne droite, et cependant elle est déviée en ligne courbe, ou plutôt en ligne brisée. J'en dirai tout-à-l'heure la raison.

« 5.° La déviation de la queue, toutes choses égales, est la plus petite, lorsque la tête de la comète approche le plus du soleil ».

La raison de cette différence dépend uniquement de la position de la queue relativement au spectateur.

Il faut toujours plus de temps pour que la lumière de l'extrémité lui parvienne, parce que l'extrémité est toujours plus éloignée de lui que le commencement; mais, à égalité de longueur, la position de la queue change le degré relatif d'éloignement entre le commencement et l'extrémité.

Dans la figure, la queue CQ est égale en longueur à la queue C" V; mais comme la comète est plus près

du soleil lorsqu'elle est en C que lorsqu'elle est en C'', la ligne TV qui représente le temps que met la lumière de l'extrémité de la queue V à parvenir à la terre T excède davantage en longueur la ligne TC'' qui représente le temps que met la lumière à parvenir du point C'' à la terre T, que la ligne TQ qui représente le temps que la lumière emploie à parvenir de l'extrémité de la queue CQ à la terre n'excède en longueur la ligne TC qui représente le temps que la lumière emploie à parvenir du point C à la terre T. Et si l'on supposait que la comète C se rapprochât du soleil jusqu'au point D' avec sa même queue CQ, la différence entre les deux lignes TD' et TQ serait encore moins considérable que celle qui existe entre les deux lignes TQ et TC.

Or, cette diminution dans la différence de longueur des deux lignes dont l'une représente le temps employé par la lumière pour parcourir l'espace qui existe depuis le commencement de la queue jusqu'à la terre, et dont l'autre représente le temps employé par la lumière pour parvenir de l'extrémité de la queue jusqu'à la terre, ne peut avoir lieu sans que la courbure diminue; car, si la différence entre les deux lignes pouvait être nulle, et qu'on supposât que la lumière partant du soleil arrive aussi vite à l'extrémité de la queue qu'à son commencement, la courbure n'existerait pas, et quelque rapide que fût d'ailleurs le mouvement progressif de la comète ou de la terre, la queue serait toujours vue dans sa véritable situation, c'est-à-dire, en ligne droite.

« 6.° La déviation est moindre auprès de la tête que vers l'extrémité de la queue ».

Ce phénomène a lieu parce que le commencement de la queue est formé par une série de foyers, et que les rayons convergens qui forment ces foyers suivent des lois particulières desquelles il résulte que le retard de la lumière est moindre au commencement de la queue qu'à son extrémité.

Il est d'autant plus important d'expliquer ces lois, qu'elles fournissent une nouvelle preuve que la queue est formée en effet par la convergence des rayons solaires.

La queue, la comète et le soleil ont pour axe commun la ligne SNQ. (*fig.* 2.)

Il en résulte que si les rayons dont se compose la queue étaient parallèles à cet axe, les espaces égaux F'FQ''Q'Q seraient parcourus en temps égaux ; et qu'alors le retard de la lumière, proportionnel aux distances, ferait apparaître la queue déviée en ligne droite comme elle est représentée dans la figure 1.ere

Mais la série des foyers, qui forme l'espace F'F, étant éclairée par des rayons convergens, il en résulte que le point F est éclairé par un rayon R, voisin de l'axe qui a été peu réfracté, tandis que le point supérieur F' est éclairé par un rayon R', qui, étant plus éloigné de l'axe, a subi une plus forte réfraction.

Les deux rayon R et R' étant partis en même temps, l'un du point A, l'autre du point C, ont dû employer pour parvenir l'un au point F, l'autre au point F', un temps proportionnel aux espaces parcourus.

Les espaces parcourus sont inégaux, mais n'ont pas entre eux la même différence que celle qui aurait lieu si les deux points F'F eussent été éclairés par des rayons parallèles.

Il est évident, en effet, que la ligne AF n'excède pas

la ligne brisée GBF' d'une quantité égale à celle dont la ligne SNF excède la ligne SNF'.

La lumière réfléchie par le point F arrivera donc à l'œil du spectateur plus tôt qu'elle ne serait arrivée si les points E et F' eussent été éclairés par des rayons parallèles.

La queue paraîtra donc moins déviée vers le commencement de la queue F'F, que vers son extrémité Q'QQ éclairée par des rayons divergens qui, comme les parallèles, parcourent des espaces égaux en temps égaux.

Si, au lieu de suivre la démonstration sur la figure 2.e qui ne représente pas les mouvemens vrais de la lumière, on juge à propos de la suivre sur la figure 5.e qui représente sensiblement ses mouvemens vrais, on trouvera les mêmes résultats; car le rayon R' qui forme le commencement de la queue y parvient par un chemin plus long proportionnellement que celui que parcourt le rayon R pour atteindre l'axe A A à une plus grande distance du noyau.

« 7.° Les queues sont un peu plus brillantes dans la partie convexe que dans la partie concave ».

Si, comme l'a supposé Newton, les queues eussent été composées d'une masse vaporeuse, cette masse eût présenté un ensemble de lumière égale ou inégale dans ses diverses profondeurs et de même nature que celle qui est produite par la poussière d'un appartement illuminé lorsqu'on y fait entrer un rayon du soleil; mais elles n'eussent jamais produit la perception distincte d'une partie convexe et d'une partie concave, dont la première est toujours un peu plus brillante que la dernière.

Dans mon système, au contraire, la perception distincte

de la partie convexe du cône, qui est la plus rapprochée de nous, mais qui est éminemment transparente, ne peut nuire à la perception distincte de la partie concave du même cône située sur le bord opposé, parce que, dans mon système, le cône est un corps absolument vide, et dont les bords seuls sont éclairés par le passage des rayons qui, après avoir convergé sur l'axe commun, continuent leur route en s'écartant entr'eux, et sont réfléchis vers la terre par la partie du fluide élémentaire dont ils augmentent la clarté.

Il s'agit d'expliquer pourquoi la partie concave est moins éclairée que la partie convexe.

On pourrait peut-être nier le fait et soutenir que les deux parois du cône sont également éclairées, et que la différence de lumière qu'on a remarquée est due au plus grand éloignement de la partie concave et à l'interposition de la partie convexe entre notre œil et la partie concave.

Mais, comme la différence d'éloignement entre ces deux parois de la queue, quoique réellement très-considérable, n'est qu'une très-petite quantité, comparativement à la distance qui existe entre notre œil et la partie convexe, et que les queues des comètes n'ont aucune opacité sensible, cette explication ne serait pas satisfaisante; il faut donc se résoudre à considérer, comme un point de fait certain, que les rayons qui sont réfléchis par la partie convexe de la queue sont plus nombreux que ceux qui sont réfléchis par sa partie concave, et trouver, s'il est possible, dans une cause constante, l'explication d'un phénomène constant. Mais, avant de commencer l'explica-

Soit la ligne SQ (*fig.* 3.e) l'axe commun de la queue, de l'atmosphère cométaire et du soleil.

La comète, en s'éloignant du soleil, après le périhélie, doit continuer sa route en se dirigeant vers un point quelconque D de la partie du ciel où se trouve la terre T; car si elle se dirigeait vers l'autre côté du ciel, elle n'aurait pas tourné autour du soleil.

Il en résulte que le noyau N, en quittant le centre de son atmosphère pour s'avancer vers D, doit se trouver dans la partie de l'atmosphère cométaire qui est du côté de la terre.

Cela posé, si je suppose les deux rayons convergens A et B traversants la partie de l'atmosphère qui est du côté de la terre, il n'y aura que le rayon A qui atteindra l'axe, et le rayon B sera intercepté par le noyau.

Mais les rayons correspondans A' et B', placés de l'autre côté de l'axe, atteindront tous deux l'axe, parce qu'ils ne rencontreront aucun obstacle.

Les rayons devant continuer leur route après s'être croisés, il se trouvera que le cône de la queue, dans sa partie placée du côté de la terre, sera éclairé par deux rayons, et que la partie du même cône, placée de l'autre côté de l'axe, ne sera éclairée que par un seul rayon.

Or, cette partie du cône qui sera moins éclairée, est précisément celle qui forme sa partie concave.

Le déplacement du noyau n'est pas seulement dû à la dépression de la portion de l'atmosphère qui se trouve dans la direction de la ligne de mouvement. Une autre cause, que je considère comme plus influente, contribue aussi à l'excentricité du noyau; c'est le renversement

du sommet de la calotte atmosphérique qui se trouve placée entre le noyau et le soleil.

J'ai dit, au commencement de ce chapitre, que le noyau présentait toujours aux rayons solaires la même face, et qu'il s'élevait sans cesse de cette face une gerbe vaporeuse dont les branches, après leur refroidissement, retombaient vers l'horizon de la comète, et j'ai supposé que chaque point de cet horizon avait un droit égal à la distribution de ces vapeurs; mais cette supposition, comme toutes celles qui ont pour base des hypothèses géométriques, est contraire à la vérité.

La moitié de l'atmosphère cométaire, qui est exposée non-seulement à l'ardeur des rayons du soleil toujours perpendiculaires, mais encore à l'attraction de cet astre, doit être beaucoup plus élevée que l'autre, parce que ces deux causes la rendent beaucoup plus légère.

Le centre du noyau vers lequel pèse la totalité du système devrait, par cette raison, se trouver beaucoup plus près de la partie de l'ellipsoïde qui est la plus éloignée du soleil; que de celle qui en est la plus voisine; et le contraire résulte cependant des observations de M. Schroëter qui atteste que le noyau est plus voisin de la calotte atmosphérique exposée aux rayons du soleil, que de la calotte qui termine l'hémisphère opposé.

On pourrait dire, pour concilier l'observation avec la théorie, que la partie de l'atmosphère exposée aux feux du soleil est tellement rare, que la lumière qu'elle réfléchit est insensible, comparativement à celle qui est réfléchie par les autres régions de la même atmosphère, et que dès lors M. Schroëter a dû poser les bornes sensibles de l'hémisphère tourné vers le soleil, à la hauteur

où cet hémisphère réfléchissait une lumière égale à celle du surplus de la circonférence du sphéroïde.

Mais une autre raison se joint à celle-ci, c'est le renversement inévitable de cette partie de l'atmosphère cométaire, qui, étant la plus rare, a dû céder plus facilement à la résistance du fluide élémentaire que les parties de la même atmosphère dont la densité était plus considérable, et qui, d'ailleurs, étaient moins écartées du noyau.

La plus grande partie des vapeurs que la chaleur avait élevées ont donc été entraînées du côté opposé au point du ciel vers lequel la comète se dirigeait; et ces vapeurs, en se refroidissant, ont accumulé sur le côté de l'horizon cométaire opposé à la ligne de mouvement, une quantité plus grande de fluide réfringent.

Le noyau qui, dès lors, a eu la partie de son atmosphère, opposée à la direction de sa route, plus élevée que celle qui correspondait à cette direction, est devenue d'autant plus excentrique; et cet excès d'excentricité qui a eu lieu du même côté que celle qui résultait de l'applatissement de la partie de son atmosphère correspondante à sa ligne de mouvement, a dû placer le noyau de manière à intercepter une très-grande partie des rayons convergens destinés à former la paroi concave de la queue; l'excentricité que j'ai supposée dans la figure 3.e n'a donc rien d'exagéré, et le phénomène de la différence de luminosité des deux parois du cône, s'y trouve convenablement et complétement expliqué.

« 8.° La partie concave est moins distinctement terminée que la partie convexe ».

Les rayons de la partie concave étant plus rares que ceux de la partie convexe, doivent les premiers cesser d'être visibles.

« 9.° Les queues paraissent toujours plus larges à leur extrémité que près de la comète ».

Les queues des comètes sont divisées en deux portions; l'une est composée de foyers superposés et de cônes environnans dont les uns sont convergens et les autres divergens; la lumière des foyers, plus vive que celle des cônes environnans, y domine seule et forme un cylindre lumineux; mais à l'extrémité de ce cylindre où les foyers se trouvent très-écartés les uns des autres, la lumière des cônes concentriques et divergens résultans de la série des foyers supérieurs, commence à prédominer.

La lumière des cônes les plus divergens s'éteint la première; mais elle est remplacée par celle des cônes moins divergens; et l'extrémité de la queue est formée par ceux des rayons convergens qui se sont réunis sur l'axe à une plus grande distance du sphéroïde réfringent.

Cet ordre de choses n'explique pas seulement la raison pour laquelle les queues paraissent toujours plus larges à leur extrémité; mais il explique encore pourquoi la largeur des queues, vers leur extrémité, n'est pas une largeur excessive, et pourquoi les queues sont incomparablement plus longues qu'elles ne devraient l'être si les sphéroïdes cométaires avaient, comme les sphères ordinaires, un foyer prédominant dont la distance au centre du sphéroïde serait proportionnelle au pouvoir réfringent de ce sphéroïde.

« 10.° Enfin, les queues sont toujours transparentes, et ne dérobent pas la vue des plus petites étoiles ».

La diaphanéité qui permet de voir les plus petites étoiles à travers les queues des comètes, n'est pas particulière à cette espèce de lueur; on voit aussi les plus petites étoiles à travers la voie lactée, la pyramide zodiacale et les jets de l'aurore boréale. La propriété réfléchissante du fluide élémentaire qui s'exerce en tout temps, quoiqu'elle ne soit que rarement sensible, ne nuit en aucune manière à sa diaphanéité. La raison nous apprend que la portion de lumière, qui est réfléchie par chacune des atmosphéroïdes du fluide élémentaire vers tous les points de l'espace, doit diminuer d'une quantité correspondante la quantité de la lumière transmise, et que, dès lors, le fluide élémentaire doit avoir un degré quelconque d'opacité; mais nos sens, et même nos instrumens, n'ont pas une perfection suffisante pour pouvoir l'évaluer.

Je crois avoir expliqué d'une manière satisfaisante les nombreux phénomènes que présente la lumière du soleil, lorsqu'elle est modifiée par la rencontre d'une comète; mais si quelques-uns de ces phénomènes se trouvaient moins clairement expliqués que les autres, ce serait à moi personnellement que le tort devrait être imputé, et non pas à un système qui réunit tous les caractères de la vérité.

Il m'a été fait deux objections.

La première tend à prouver que le fluide élémentaire n'est pas doué du pouvoir de réfléchir la lumière; je vais la présenter dans toute sa force.

Première objection. « Si la lumière convergente qui traverse l'atmosphère des comètes pouvait être réfléchie par le fluide élémentaire, pourquoi le même fluide ne réfléchirait-il pas la lumière convergente qui traverse les atmosphères des planètes? Mercure, Vénus, la terre, Mars et surtout Jupiter ont une atmosphère très-sensible, et cependant il ne se manifeste pas la plus légère lueur dans le point du ciel où s'opère la convergence des rayons qui débordent le noyau de ces planètes. La lumière qui traverse l'atmosphère de la terre, a une convergence assez forte pour éclairer le disque de la lune pendant qu'elle est éclipsée. Pourquoi les habitans de notre Zone-Torride n'aperçoivent-ils pas la queue de la terre vers le zénith? Pourquoi surtout ne l'aperçoit-on pas dans les climats dont l'air est assez diaphane pour éteindre la scintillation des étoiles? »

Réponse. J'ai prouvé (150) que la lumière qu'on aperçoit sur le disque de la lune pendant les éclipses, n'est pas due à la convergence des rayons du soleil qui ont débordé la terre, mais à la réflexion des rayons divergens qui produisent nos crépuscules et qui, pendant les éclipses de lune, environnent le disque de la terre d'un cercle lumineux assez brillant pour projeter sur le disque de la lune la faible lumière qu'elle nous réfléchit alors.

Le crépuscule n'est produit que par des rayons divergens, et les couleurs de l'aurore sont elles-mêmes, ainsi que je crois l'avoir prouvé (149), produites par des rayons divergens.

L'atmosphère sensible de la terre, de Mercure et de Vénus est trop peu élevée comparativement à la grosseur de ces planètes, pour que les rayons qui les débordent

puissent être ramenés à la convergence. Mais, quel que soit le pouvoir réfringent que l'on attribue à l'atmosphère de la terre et à celle des planètes qui, comme la terre, ont leur orbite inclinée à leur équateur, il est physiquement impossible que les rayons qui débordent ces planètes puissent converger sur un axe commun.

La convergence sur un axe commun ne peut, en effet, avoir lieu que dans le cas où le milieu réfringent est composé de molécules d'égale densité, ou de molécules de densité régulièrement ~~croissante ou~~ décroissante du centre à la circonférence ; et comme l'inclinaison des planètes est cause que la ceinture de leur horizon est composée d'un air inégalement dense et dont la densité croît graduellement de l'équateur aux pôles, les planètes inclinées ne peuvent pas avoir de queues, et n'ont que de simples couronnes qui se projettent tantôt vers un pôle et tantôt vers l'autre.

Ces couronnes qui s'élèvent à deux ou trois diamètres au-dessus de la surface des planètes ne doivent pas être visibles pour les habitans des planètes voisines, même à l'aide des meilleurs instrumens, parce que leur lumière qui n'est pas réunie en un foyer, mais disséminée dans une vaste région du ciel, n'est pas assez concentrée pour être réfléchie d'une manière sensible à une grande distance.

Il serait possible cependant que les lueurs phosphorescentes qui ont été vues par M. Schroëter sur la partie ombrée du disque de Vénus et de celui de Mercure fussent des couronnes d'aurore boréale, et M. Schroëter pourrait facilement vérifier ma conjecture en rapprochant trois circonstances dont il doit avoir tenu compte, savoir :

l'heure où l'observation a été faite, la position du soleil à cette époque et la région de la planète où la lueur s'est manifestée.

Jupiter, qui a son orbite dans le plan de son équateur, et dont l'atmosphère sensible s'élève quelquefois jusqu'à la hauteur de son second satellite, doit avoir une queue; car ses bandes que je considère comme des montagnes brûlantes, doivent intercepter la circulation de ses vapeurs équatoriales, et dès lors la densité de l'air de ses régions polaires doit être à-peu-près uniforme dans l'étendue d'un assez grand segment.

Il ne serait peut-être pas impossible de découvrir la queue de Jupiter en observant cette planète dans ses quadratures, avec le grand télescope de M. Herschell.

Cette espèce de clarté, particulière à Jupiter, à Saturne, et peut-être à Uranus, doit présenter à leurs habitans un parélie qui parcourt pendant la nuit la même route que le soleil parcourt pendant le jour: météore qui forme une douce transition entre les queues immobiles des comètes et les couronnes voyageuses qui décorent alternativement les pôles des planètes inclinées.

J'arrive enfin à la dernière et à la plus spécieuse des objections.

« *Deuxième objection.* Des étoiles ont été observées à travers le spectre lumineux de la comète de 1811. L'une de ces étoiles a été vue très-près du noyau, et n'a donné aucun signe sensible de déclinaison; il y a donc tout lieu de présumer que le fluide particulier dont les comètes sont entourées n'a aucun pouvoir réfringent ».

Réponse. Il est un principe constant, qui n'a souffert

jusqu'ici aucune exception, et qui ne peut en souffrir aucune, c'est que tout rayon de lumière qui passe obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, est dévié vers la perpendiculaire, et que tout rayon qui sort obliquement d'un milieu plus dense pour rentrer dans un milieu plus rare, est dévié en sens contraire.

L'atmosphère d'une comète, comme toutes les atmosphères possibles, n'est autre chose qu'une portion de la substance de la comète, dissoute dans le calorique et élevée à l'état gazeux.

Ce gaz est plus ou moins diaphane, et son degré de diaphanéité est variable, puisque M. Flaugergues a observé qu'avant le périhélie de la comète de 1811, il n'y avait que la moitié de son atmosphère qui fût éclairée, que la moitié opposée ne l'était pas, et que l'on voyait seulement quelques rayons de lumière qui la traversaient; mais la diaphanéité plus ou moins grande des atmosphères cométaires, n'est qu'un accessoire qui ne peut fournir que de légères présomptions sur la question de densité, seule question qui doive nous occuper. Nous savons, en effet, que la portion de l'air de la terre qui s'élève au-dessus de ses montagnes, est parfaitement diaphane, et que néanmoins cet air a une densité notable, puisqu'il y soutient le mercure à la hauteur de quinze ou seize pouces.

Il ne nous est pas donné de pouvoir connaître la densité absolue du gaz homogène ou des gaz hétérogènes dont se compose l'atmosphère des comètes. Mais les lois des densités relatives doivent être les mêmes dans tout l'univers; et puisque cette atmosphère s'élève à une grande hauteur, et qu'il est de la nature des gaz d'être indéfini-

ment compressibles, nous devons être certains que la portion du gaz cométaire qui s'appuie sur la surface du noyau, est plus dense que celle qui en est plus éloignée.

La partie de cette atmosphère qui nous réfléchit sensiblement la lumière du soleil, a un diamètre vingt fois plus considérable que celui du noyau ; et nous en pouvons conclure, avec raison, que la couche la plus superficielle de cette atmosphère n'a qu'une très-faible densité ; mais cette densité, quelque faible qu'on la suppose, est encore suffisante pour la retenir autour du noyau ; et elle est certainement plus grande que celle du fluide élémentaire ; car si elle était moins grande, le fluide élémentaire prendrait sa place, et si elle était également grande, le fluide cométaire se confondrait dans l'espace avec le fluide élémentaire.

Mais les couches de l'atmosphère cométaire qui se trouvent placées au-dessous de la couche la plus élevée, sont plus denses que cette couche dont le poids les comprime, et leur densité doit croître dans une progression rapide, à partir de la couche superficielle jusqu'à la couche voisine du noyau.

Or, Newton m'apprend que cette couche, qui est la plus dense de toutes, est celle qui détermine le degré du pouvoir réfringent de la totalité du sphéroïde, et que la lumière qui traverse obliquement ce sphéroïde, en entrant dans une couche d'une très-faible densité, est tout aussi fortement déviée, que si elle avait traversé un sphéroïde composé de couches homogènes d'une densité égale à celle de la couche qui s'appuie sur le noyau.

Il est, dès lors, physiquement impossible que la lumière du soleil qui, après avoir traversé le fluide élémen-

taire, pénètre obliquement dans l'intérieur de l'atmosphère d'une comète, ne se rapproche pas de la perpendiculaire en entrant, et ne s'en écarte pas en sortant.

Si les étoiles que M. Flaugergues a observées à travers la queue et à travers la frange, n'ont pas été déviées par la réfraction, cela n'a rien d'étonnant, puisque la queue et la frange ne sont que des spectres lumineux.

Mais il a vu une étoile très-près du noyau, et cette étoile n'a point été déviée, et M. Flaugergues en a conclu que le pouvoir réfringent de l'atmosphère cométaire n'a produit sur cette étoile aucun effet sensible.

Je ne conteste, à cet égard, ni l'observation, ni la conséquence; je me borne à soutenir que cette conséquence, tirée d'un fait unique, ne pourrait être généralisée que dans le cas où il serait impossible qu'une étoile vue à travers une atmosphère réfringente, pût être vue à sa véritable place.

Or, la chose n'est pas impossible.

Tous les rayons qui traversent un milieu réfringent ne sont pas déviés, et les seuls, parmi eux, qui soient déviés sont ceux qui le traversent obliquement, c'est-à-dire, sous un dégré sensible d'obliquité; car si le degré d'obliquité était peu sensible, les rayons obliques ne produiraient aucun déplacement sensible.

Si j'éteins, par l'interposition d'un corps opaque, tous les rayons d'une sphère réfringente, à l'exception de deux segmens égaux et opposés dont le diamètre soit égal, par exemple, au dixième du diamètre de cette sphère, les objets que je regarderai à travers les deux segmens seront vus à leur véritable place.

Nous ne connaissons pas l'étendue de l'atmosphère des

comètes, et il y a lieu de présumer que le pouvoir réfringent de leur atmosphère s'étend au-delà de la portion visible de cette atmosphère.

En supposant que le diamètre de l'atmosphère réfringente de la comète de 1811 n'occupât dans le ciel qu'un demi-degré ou trente minutes, il est certain que les étoiles vues à travers le centre de cette atmosphère, ou à une distance de deux minutes du centre, auraient été vues par des rayons qui auraient traversé deux plans sensiblement perpendiculaires à leur incidence, et n'auraient éprouvé dès lors, aucun déplacement sensible. Or, la seule étoile qui ait été observée par M. Flaugergues à travers l'atmosphère de la comète était très-voisine du noyau et conséquemment très-voisine du centre de l'atmosphère. Il n'est donc pas étonnant que cette étoile n'ait pas été déplacée par la réfraction; car son immobilité, dans cette circonstance, a été elle-même l'effet nécessaire des lois générales.

J'invite, au surplus, M. Flaugergues et tous les astronomes à répéter cette intéressante expérience, non pas sur des comètes en quadrature qui présentent toujours à l'observateur le petit axe de l'ellipsoïde, mais sur des comètes en opposition, parce que dans ce dernier cas, les rayons de l'étoile devront traverser l'ellipsoïde cométaire dans la direction du grand axe; direction qui est celle des rayons du soleil au moment où ils traversent l'atmosphère de la comète, et qui est incomparablement plus favorable à la réfraction que la direction parallèle au petit axe.

RÉSUMÉ GÉNÉRAL.

La facilité avec laquelle j'ai expliqué la totalité des phénomènes que produit le calorique dans ses différens états de magnétisme, d'électricité, de calorique sensible et de lumière, m'a convaincu que j'avais enfin découvert la seule route qui puisse conduire à la vérité ; et mon Système universel qui ne suppose rien, et qui prouve tout, m'a paru différer essentiellement de tous les systèmes qui ont été imaginés jusqu'à présent. Mais dût-on le confondre avec eux, on sera du moins forcé de convenir que jamais hypothèse ne fût ni plus simple dans sa conception ni plus riche dans ses applications.

L'homme vivant dans le temps et faisant partie de l'étendue, ne peut se former une idée de ce qui existe hors du temps et de l'étendue ; et les mots *immensité*, *éternité* ne sont pour lui que des expressions privatives.

Dieu a voulu que la matière occupât un lieu dans l'espace, que l'univers résultât des modifications de la matière, et qu'il fût, tout à-la-fois, la mesure de l'étendue et celle du temps.

Il n'a pas été donné à l'homme de connaître la nature de Dieu ; mais, comme je conçois clairement qu'aucun être n'a pu limiter la puissance de l'être par qui les êtres sont, et que la sagesse et la bonté sont inséparables de la toute-puissance, il m'a paru évident que Dieu aurait manqué de puissance, de sagesse ou de bonté, s'il n'avait pas donné à l'ensemble de son ouvrage toute la perfection dont il était

susceptible, et à chacun des détails le degré de perfection compatible avec la perfection de l'ensemble.

En considérant avec attention le petit nombre de ceux qu'il nous est permis de connaître, je suis demeuré convaincu qu'ils étaient coordonnés à un but commun, et que l'unité était le caractère fondamental de l'univers; et comme les parties de la matière ne peuvent former un tout, qu'en vertu d'une loi constante qui affecte à-la-fois le tout et les parties, il m'a paru que la gravitation, qui explique les mouvemens visibles des corps, devait être considérée comme la loi unique de l'univers s'il était possible d'expliquer par elle leurs mouvemens invisibles.

Or, je crois avoir démontré qu'il n'existait pas dans la nature un seul mouvement qui ne fût explicable par la gravitation; et comme Dieu ne peut rien faire d'inutile, j'ai dû croire qu'il n'avait pas créé le mouvement par un acte spécial, et que la gravitation qui renferme en elle-même le mouvement et ses lois, était la loi unique dont l'accomplissement devait développer, sous la surveillance de Dieu, l'universalité des choses.

Le temps a dû commencer; car s'il n'avait pas commencé, il ne serait pas le temps; il serait l'éternité.

Puisque le temps a commencé, le temps doit finir.

Naître et se développer, décheoir et mourir, tel est le sort des individus; se former et brûler, se liquéfier, se refroidir et se glacer, tel est le sort des astres, auquel est lié celui des races qui doivent les habiter pendant l'âge intermédiaire.

Les races doivent donc s'éteindre; et comme c'est pour elles que les astres ont été créés; la conservation

des astres, après l'extinction des races, produirait un univers éternellement inutile qui succéderait à un univers d'une utilité temporaire : ouvrage vicieux dans sa conception et conséquemment indigne de la sagesse de Dieu.

La cause du mouvement impulsif des astres est une cause accidentelle dont un frottement perpétuel doit détruire l'effet ; mais la cause qui entraîne les astres l'un vers l'autre, est une cause immuable et dont l'effet augmente à mesure que l'effet de la première diminue : la gravitation doit donc tôt ou tard triompher du mouvement impulsif; et le sort inévitable des astres est de retomber sur le noyau dont l'explosion les forma. La réunion de la matière en une masse unique commencera le repos éternel, et le temps aura cessé d'exister.

Tout fluide abandonné à sa gravitation a une tendance à la solidité ; et c'est cette tendance qui a rendu possible les modifications dont le monde actuel est le résultat. Le retour de la matière solide à l'état fluide n'est qu'un accident dont la durée est limitée : c'est en vain que le pendule franchit le plus bas point de suspension, il obéira tôt ou tard à la puissance qui l'y ramène. Le nombre des oscillations de l'univers ne peut être infini, car il faudrait, pour qu'il le fût, que Dieu, changeant de volonté, eût abrogé la loi générale dont la solidification universelle doit être le résultat.

La fluidité parfaite n'a duré qu'un instant. Les deux premiers atomes en contact ont commencé entr'eux le repos relatif qui doit exister entre tous les atomes; et l'abstraction à laquelle nous avons donné le nom de durée, n'est autre chose que le développement des nuances qui séparent la fluidité initiale de la solidité finale.

Le grossissement graduel des atomes avait troublé l'homogénéité du fluide primitif; les molécules les plus massives s'éloignèrent de la circonférence; la fluidité de la sphère universelle diminua vers son centre, et il dût s'y former un noyau dont la solidification trop accélérée nécessita l'embrâsement et par suite les détonations.

Ses fragmens tournoyans dans l'espace devinrent les centres des atmosphères secondaires résultantes de la rétrogradation momentanée de la solidité vers la fluidité.

Mais l'exhalation du calorique ne put volatiliser qu'une très-petite partie des métaux qui composaient les masses, et il laissa les masses elles-mêmes dans un état de fusion. Celles d'entr'elles qui ne tournaient pas sur leur axe devinrent des sphères, et les autres devinrent des sphéroïdes applatis vers les pôles et renflés vers l'équateur.

La nature en travail marche directement à son but; elle ne permet à la matière ni le repos, ni l'uniformité; et les corps célestes doivent changer à chaque instant de température et de masse. Leur température augmente jusqu'à la fusion; mais la fusion est l'époque où commence le refroidissement, effet nécessaire de la grande loi qui écarte du centre d'attraction les corps les moins denses.

La température ascendante diminue le poids des astres dont les principes volatilisés se disséminent dans la sphère atmosphérique; mais la température descendante, en diminuant la hauteur des atmosphères, augmente la masse des noyaux dont la surface s'élève à mesure que les principes volatilisés se régénèrent.

Le soleil qui tourne rapidement sur son axe, et dont les pôles ne sont pas applatis, n'est qu'un bloc informe

dont le poids diminuera et dont la température augmentera jusqu'à l'époque de sa fusion.

Les planètes indiquent par leur forme qu'elles ont subi l'état de fusion ; et leur refroidissement toujours croissant augmentera graduellement leur poids et leur solidité.

Les astres qui tournent sur leur axe entraînent avec eux le fluide élémentaire qui les environne et qui s'appuie sur leur surface.

Le soleil et les planètes lancés à différentes époques par une étoile qui tournait sur son axe d'orient en occident, n'ont pu traverser son atmosphère, sans y recevoir un mouvement de rotation d'occident en orient.

La ligne de projection du soleil a laissé toutes les planètes du même côté ; et il est résulté de cet ordre de choses, que les planètes, soit qu'elles aient précédé le soleil, soit que le soleil ait été atteint par elles, ont dû accomplir leur orbite dans le même sens ; et comme ces orbites étaient dirigées d'occident en orient et conséquemment dans le même sens que le tourbillon solaire, elles n'en ont éprouvé que le genre de résistance, convenable à la régularisation des orbites qui sont devenues moins excentriques et moins inclinées qu'elles ne l'étaient dans le principe.

Le soleil, dans sa marche rapide à travers le fluide élémentaire, laisse de temps en temps, sur sa route, quelques lambeaux de son atmosphère. Ces lambeaux se refroidissent, et donnent naissance à des comètes qui, toujours attirées par le soleil, l'atteignent enfin dans sa course. Leur orbite est alors très-inclinée et très-excentrique ; mais cette inclinaison et cette excentricité diminuent à chaque

révolution. Les comètes anciennes ou futures prendront leur place parmi les planètes jusqu'au moment où elles les remplaceront ; et ce moment sera probablement celui où le soleil, devenu lui-même une planète éteinte inutile aux planètes voisines, se sera rapproché de son astre central dont les flammes auront augmenté, et n'aura plus besoin que de réunir autour de lui les milliers de satellites qui doivent l'éclairer pendant des nuits de trois cents heures.

Les planètes qui furent des soleils, eurent aussi des comètes dont leur tourbillon régularisa le mouvement; et ces comètes sont devenues des satellites.

L'univers fut au commencement des temps une sphère fluide. Il est encore aujourd'hui ce qu'il était alors ; mais la formation des corps solides a diminué son volume, et le calorique qui ne pesait alors que vers un centre unique, pèse aujourd'hui, tout-à-la-fois, et vers le centre de la sphère universelle, et vers le centre de tous les corps solides qui s'y sont formés.

La fluidité n'est plus la même, mais elle prédomine encore. Les métaux dont les astres sont composés, dissous dans le calorique, changent perpétuellement de volume ; et l'état auquel nous avons donné le nom de solidité n'est autre chose qu'une moindre fluidité.

Les corps qui paraissent les plus simples sont composés d'atomes dont les formes et les masses varient à l'infini. Mais ces différences, dans leurs molécules, sont pour nous comme si elles n'existaient pas ; car, si le phénomène de la manifestation des couleurs ne nous avait pas appris que les molécules de la lumière étaient distinguées entr'elles par des milliers de nuances, nous aurions pensé

que la lumière et tous les corps qui se présentent à nous sous une même apparence, étaient composés de molécules de même forme et de même densité. La ressemblance entre les molécules intégrantes d'un même corps n'est donc autre chose qu'une moindre dissemblance.

La puissance attractive des atomes augmente avec leur masse. Plus leur volume augmente, plus leur forme s'écarte de la sphéricité; et ils deviennent, dans ce cas, d'autant moins fluides, et d'autant plus attirables.

Les atomes primaires grossissant toujours et devenant graduellement plus attirans et plus attirables ont dû se combiner entr'eux et former les molécules secondaires qui, comme les atomes primaires, n'ont entr'elles que des ressemblances approximatives.

Les séries de l'azote se confondent par des nuances insensibles avec les séries de l'oxigène; comme celles du calorique se confondent avec celles de la lumière.

Les atomes du calorique, quelle que soit leur densité, continuent de graviter entr'eux; et toujours plus ou moins pressés suivant qu'ils sont plus ou moins voisins du centre de la sphère universelle, ils circulent autour des molécules qui les attirent, s'infléchissent et tombent vers elles; mais avant de s'y réunir, il les entourent, les isolent, et forment avec elles le système fondamental auquel j'ai donné le nom d'atmosphéroïde.

Les atmosphéroïdes sont à l'égard des molécules constituantes des corps, ce que les atmosphères sont à l'égard des astres. Tout noyau solide, quelle que soit sa grandeur ou sa petitesse, est pour le calorique un centre

d'attraction; et si rien ne s'y oppose, le calorique formera autour de ce noyau un sphéroïde de densité croissante de la circonférence au centre.

La tendance à la sphéricité est pour chaque atmosphéroïde un principe de résistance et de réaction, qui est victorieux dans les liquides et surtout dans les fluides, mais qui dans les solides est dominé par l'attraction réciproque des molécules centrales. Les atmosphéroïdes immobiles entr'elles forment, dans ce dernier cas, autant de polièdres plus ou moins anguleux, et ces polièdres sont sensiblement égaux entr'eux lorsque les molécules centrales sont sensiblement homogènes. L'ensemble des petits polièdres forme alors un grand polièdre semblable aux polièdres constituans; et ce grand polièdre, qui est le plus petit des cristaux primitifs, devient par sa réunion avec d'autres cristaux semblables, le plus petit des cristaux visibles.

La forme des cristaux visibles doit dès lors être ou réellement semblable à celle des cristaux invisibles, ou géométriquement réductible en polièdres semblables aux cristaux primitifs qui sont eux-mêmes semblables aux polièdres constituans.

Le noyau solide de la terre, composé d'une multitude infinie de polièdres dissemblables, ne présente, dans la diversité des masses qui le composent, que des rudimens de cristallisation; mais ces rudimens sont suffisans pour prouver à l'observateur attentif, que la conversion des atmosphéroïdes en polièdres est la condition nécesssaire de la solidification des corps.

La solidification des astres, qui commence toujours par leur surface, ne parvient à leur centre qu'après des mil-

liards de siècles ; et la cessation absolue de leur état de fusion, doit être très-voisine de l'époque où ils deviennent absolument inhabitables.

Les germes ne commencent à se développer qu'à une certaine époque de la solidification graduelle : époque qui est toujours précédée par des événemens dont l'ordre est invariable.

Lorsqu'un astre est parvenu à l'état de fusion, toutes les atmosphéroïdes dont ses molécules solides sont revêtues, circulent entr'elles avec la plus grande facilité. Le calorique surabondant repoussé du centre par la gravitation générale, remonte alors rapidement vers la circonférence, et s'exhale à travers l'atmosphère, emportant avec lui quelques molécules dissoutes.

Avant la fusion, l'exhalation éprouvait des obstacles, et le calorique réagissant contre lui-même, augmentait incessamment son état de pression et conséquemment la température de l'astre incomplétement fondu.

Mais la liquéfaction complète a amené le moment où l'état de pression du calorique intérieur a commencé à diminuer. La réaction des atmosphéroïdes a cessé alors d'être suffisante pour maintenir les molécules centrales au même degré d'écartement. Elles se sont rapprochées ; et le premier degré de leur rapprochement a été le premier degré d'un refroidissement qui augmentera jusqu'à la fin des siècles.

Le calorique, toujours d'autant plus pur qu'il s'élève davantage au-dessus de la surface des astres, se confond enfin avec le fluide élémentaire. Le volume de l'atmosphère diminue à mesure que son calorique

dissolvant s'évapore ; les gaz se condensent , leurs molécules solides se rapprochent , et le calorique saturé par suite de sa diminution, abandonne les molécules dissoutes à leur attraction réciproque. Les précipitations ont lieu alors, et les brouillards plus ou moins hétérogènes se forment et descendent lentement vers la surface du globe qui lui-même abandonné par le calorique liquéfiant a commencé à reprendre sa solidité.

Quelques brouillards métalliques isolés, obéissans à leur propre gravitation , deviennent des nuages sphériques, au centre desquels il se forme des noyaux qui s'embrâsent toujours, et dont les fréquentes détonations disséminent les fragmens; mais la masse des brouillards s'appuie enfin sur la surface du globe, et leurs précipitations qui se dirigent alors en partie vers le centre du globe, et en partie vers les centres particuliers résultans de leur plus grande densité dans une partie que dans une autre, forment des chaînes de montagnes qui s'embrâsent et dont les bases à demi-liquéfiées, s'écoulent, tandis que le calorique en s'exhalant plus librement de leurs sommets, prépare lentement le séjour des neiges éternelles.

L'eau qui s'est déjà plusieurs fois régénérée et volatilisée, accélère le refroidissement de la surface; elle y séjourne enfin, et ses infiltrations allument les volcans qui brisent et pulvérisent les métaux oxidés dont le mélange doit former le limon des eaux.

Et cependant l'épaisseur de la croûte du globe est encore augmentée par l'exhalation continuelle des gaz métalliques. Ces gaz se régénèrent en traversant les eaux

qui s'emparent de leur calorique dissolvant et s'élèvent en vapeurs pour retomber ensuite en torrens diluviens avec les nouvelles eaux qui se régénèrent dans les hautes couches de l'atmosphère.

Le désordre des élémens a diminué par degrés; les grands lacs se sont réunis ; les fleuves coulent ; l'atmosphère est devenue diaphane; et la lumière qui la traverse entraîne à la surface du globe l'hydrogène, le carbone et les gaz métalliques que leur légèreté spécifique retenait dans la haute région, tandis que l'azote et l'oxigène toujours mélangés et toujours incombinables entr'eux, conservent seuls, en vertu de leur densité relative, l'empire de la basse région.

La grande époque est arrivée; le limon fermente, le calorique agite les molécules constituantes des germes, leur volume augmente, ils sont pénétrés par l'eau, et l'activité toujours croissante de leur agitation intérieure force le principe de la vie à se répandre au dehors. Les plantes rampantes naissent les premières, et fournissent par leur destruction rapide une nourriture nécessaire à des plantes plus élevées. Aux végétaux succèdent les animaux : les animaux les plus simples, diffèrent peu des plantes, et ce sont eux qui naissent les premiers pour servir de pâture à des animaux plus compliqués. Cet ordre nécessaire ne peut être interverti, car la mort efface promptement la trace des naissances prématurées et celle des monstruosités animales ou végétales qui résultent du développement des germes imparfaits. Le plus compliqué de tous les animaux, celui dont les besoins sont le plus nombreux, l'homme a dû être l'un

des derniers dont le germe se soit développé. (1)

Les germes développés sont, à l'égard des germes de même espèce, un principe développant; et lorsque le refroidissement rend plus rares les naissances spontanées, la perpétuité des races est assurée.

La gravitation et le temps fécondent les mondes; mais la gravitation doit son pouvoir à la toute-puissance, et l'éternité a calculé le temps.

Lorsque deux molécules s'approchent brusquement l'une de l'autre, leurs atmosphéroïdes se pénétrent, et il existe alors entre ces deux molécules un calorique intermédiaire qui n'obéit plus à la même loi qu'auparavant; car l'approche d'une nouvelle molécule qui l'attire en sens contraire, le dégage des liens qui le retenaient à une certaine proximité de la première molécule : cet effet étant réciproque, le calorique intermédiaire de deux molécules qui s'approchent recouvre sa liberté; les deux atmosphéroïdes qui réagissent en sens contraire se repoussent ; et plus les molécules s'approchent, plus

---

(1) Je dis l'*un des derniers* et non pas *le dernier*; car je suis convaincu qu'il existe quelques animaux plus récens que l'homme. Avant le déluge, et lorsque l'éléphant et le rhinocéros vivaient en troupeaux sur les bords de la mer Glaciale, la température de la région polaire boréale était trop élevée pour que les animaux actuels pussent y vivre; et les animaux particuliers à la Nouvelle-Hollande qui n'a point de hautes montagnes et que la mer sépare des continens, sont évidemment des animaux post-diluviens.

la réaction devient puissante, parce que le nouveau calorique dégagé se trouvait, dans ce dernier cas, assujetti à une pression plus forte.

Cette réaction réciproque des atmosphéroïdes, toujours suffisante pour empêcher le contact immédiat, ne l'est pas toujours assez pour empêcher la combinaison des molécules; parce qu'à un certain degré de rapprochement, la puissance qui retient ces molécules en état de repos relatif, peut être plus grande que les causes qui les sollicitent à se mouvoir isolément.

J'ai donné à cette réaction réciproque du calorique intermédiaire le nom de force répulsive ou de *nuage répulsif*. (Voyez la figure première, tome I.)

La force répulsive n'est un obstacle à la combinaison qu'entre deux molécules sensiblement homogènes ou dont la densité est peu différente; car si leur densité diffère, et surtout si leur forme ou la forme de l'une d'elles favorise leur rapprochement, les deux molécules resteront entr'elles en état de repos relatif, et le *nuage répulsif* qui se trouvera, dans ce cas, non pas à distance égale des deux molécules, mais plus voisin de la molécule la moins dense, ne produira d'autre effet que de rendre impossible le contact immédiat.

La pénétration qui a lieu entre les deux atmosphéroïdes, les confond en une seule; et la nouvelle atmosphéroïde qui contient ordinairement moins de calorique que n'en contenaient les deux atmosphéroïdes qu'elle remplace, pèse alors vers un nouveau centre qui est le centre commun des deux molécules que leur repos relatif a converties en un corps nouveau.

La même cause qui a produit le repos relatif de ces deux molécules, a produit un mouvement translatif dans le calorique surabondant; et s'il s'est formé à-la-fois un grand nombre de combinaisons semblables (ce qui est le cas le plus ordinaire), le calorique expulsé a dû se réfugier dans les atmosphéroïdes voisines dont il a augmenté l'état de pression et conséquemment la force répulsive.

Cette invasion du calorique ne produira aucune chaleur si les molécules centrales des atmosphéroïdes qui l'ont reçu, s'écartent entr'elles à une distance proportionnelle à l'accroissement de la force répulsive.

Dans le cas contraire, il y aura excès de pression et la température s'élèvera.

Et si l'écartement des molécules excède alors la proportion qui existait auparavant entre leur écartement et le degré de pression du calorique (ce qui a lieu dans les évaporations, à cause de la persévérance des molécules dans le mouvement que la force répulsive leur a imprimé), la température baissera.

L'inertie et l'élasticité des fluides sont cause que tout fluide qui se meut à travers un fluide homogène éprouve plus de résistance dans la direction de son mouvement que dans les directions latérales (1); la loi de la moindre

(1) Les liquides éprouvent le même obstacle, parce que la colonne qui est en avant de la direction du mouvement est soulevée par l'effort de la colonne mobile, et que sa surélévation la rend plus pesante et conséquemment moins facilement mobile que les colones latérales.

résistance doit donc déterminer la divergence des courans du calorique expulsé, et la continuité de la divergence doit convertir les colonnes mobiles en gerbes rétrogrades.

Le mouvement translatif que reçoit le calorique chassé des combinaisons chimiques, ne peut dont s'étendre qu'à une petite distance du foyer au delà de laquelle il n'agit plus que comme puissance comprimante.

Mais, si les molécules en se combinant excluent en même temps du calorique et de la lumière, ce dernier fluide composé de molécules dont la masse est plus considérable que celle des molécules du calorique (180) pourra suivre la direction de son mouvement.

Lorsque la lumière est lancée en petite quantité, la résistance qu'elle éprouve en traversant le calorique suffit pour disperser les rayons qui, dans ce cas, ne produisent aucune sensation sur notre organe. Cette lumière invisible, après avoir communiqué au calorique la somme entière de son mouvement, reste absorbée dans les atmosphéroïdes des corps voisins.

Mais lorsque la lumière est lancée en quantité suffisante, la réaction réciproque des rayons qui composent la sphère lumineuse, restreint la divergence dans des limites plus étroites : les premiers globules retardés dans leur marche, sont atteints par les globules suivans qui les accélèrent et qui sont eux-mêmes retardés, jusqu'au moment où les compensations établissent un mouvement sensiblement uniforme et qui se rapproche d'autant plus de l'uniformité absolue que la lumière s'éloigne davantage du corps lumineux.

La résistance du calorique doit en effet être à-la-fois proportionnelle à la vitesse de la lumière, à sa densité, et au degré de divergence des cônes lumineux.

Or, ces trois causes sont d'autant plus efficaces que la lumière est plus voisine du corps lumineux.

La vitesse y est plus grande, puisqu'elle n'a pas encore été diminuée par la résistance du calorique que la lumière doit traverser pour parvenir à une distance plus grande.

La densité y est plus grande, puisqu'elle diminue comme le carré de la distance.

Et les cônes y sont plus divergens, puisque ces cônes dont notre pupille mesure la base sont cent fois plus divergens à une distance égale à un, qu'à une distance égale à cent.

La lumière étant plus rapide dans le voisinage du corps lumineux qu'à une plus grande distance, le contact immédiat des molécules de la lumière devient une conséquence nécessaire de cette différence.

Une sphère lumineuse est donc composée de fils divergens qui se rattachent à un centre commun; et la ténuité des molécules de la lumière est telle, que quel que soit le diamètre de cette sphère, les fils y sont toujours très-voisins les uns des autres.

Le cône lumineux qui part de l'un des points du soleil et qui, lorsqu'il entre dans notre œil, a deux lignes de diamètre, conserve encore à la demi-distance du soleil à la terre une ligne de diamètre; les fils de ce cône doivent dès lors être considérés comme parallèles, et chacun d'eux comme composé de molécules douées d'un mouvement rectiligne et uniforme, quoique dans la vérité

chacune de ces molécules éprouve dans la route du soleil à la terre une infinité de déviations, d'accélérations et de retardations.

Le calorique composé de molécules d'un diamètre plus petit que celui des molécules de la lumière et qui sont séparées entr'elles par des espaces incomparablement plus grands que leur diamètre, livre à la lumière un passage toujours facile, mais qui le devient moins lorsqu'il se trouve dans un état de plus grande pression.

Lorsque le fil lumineux traverse une masse de calorique inégalement pressée, la loi de la moindre résistance la force de s'incliner vers le côté de la masse où la pression se trouve moindre; mais, comme dans ce cas la loi de la gravitation force aussi le fil lumineux à s'incliner vers le côté de la masse où le calorique est le plus pressé, il se fait une compensation qui diminue, d'une certaine quantité, la déviation que l'inégalité de résistance avait occasionnée.

Tous les corps fluides, liquides ou solides étant dissous dans le calorique, le fil lumineux ne peut les traverser sans s'approcher plus ou moins de leurs molécules intégrantes, à l'attraction desquelles il doit obéir en raison directe des masses attirantes, et en raison inverse du carré de leur distance.

C'est le résultat combiné de ces diverses causes de déviation qui détermine les courbes que la lumière décrit dans les phénomènes différens en apparence, mais identiques en réalité, auxquels on a donné les noms d'inflexion, de réfraction, de réflexion, de diffraction, de convergence, de divergence et de réfrangibilité.

L'impulsion que reçoit le calorique par le résultat

des combinaisons chimiques qui s'opèrent dans un foyer tout-à-la-fois ardent et lumineux, est absolument la même que celle que reçoit la lumière, et leur vitesse initiale doit être à-peu-près égale; mais la lumière qui persévère dans son mouvement translatif, produit à une très-grande distance, les effets qu'elle doit produire d'après le rapport que le Créateur a mis entre la sensibilité de l'œil et la puissance motrice des globules lumineux; tandis que le calorique, dont le mouvement translatif se convertit promptement en puissance comprimante, ne produit son effet qu'à une très-petite distance sur le sens plus grossier du toucher.

Le mouvement initial du calorique a quelquefois une autre cause que l'expulsion chimique. Dans tous les cas, son mouvement translatif se convertit, plus tôt ou plus tard, en puissance comprimante; mais les effets qu'il produit dans certains cas, sont tellement considérables, que l'on est forcé d'en conclure que sa vitesse initiale a dû être beaucoup plus grande que celle que reçoit la lumière au moment où elle s'échappe d'un foyer lumineux.

Les phénomènes électriques et magnétiques sont les résultats d'une impulsion mécanique.

Le poids de l'atmosphère de la terre est le moteur du calorique électrique. Le poids de l'atmosphère universelle est le moteur du calorique magnétique.

Lorsque la pression du calorique dans l'intérieur d'un corps suspendu dans l'air, est plus grande que celle du calorique de l'air environnant, le calorique de ce corps

s'exhale ; mais, comme l'air est un mauvais conducteur, l'équilibre de pression s'établit avec lenteur, et lorsqu'il est enfin rétabli, il reste entre l'air et le corps une couche de calorique qui n'appartient ni à l'un ni à l'autre.

C'est cette couche de calorique, que l'on peut artificiellement augmenter ou diminuer, qui forme ce qu'on appelle l'électricité des corps.

Si, lorsque l'électricité a été accumulée, elle se trouve retenue à la surface d'un corps solide par le poids de l'atmosphère, et qu'on lui présente un canal par lequel elle puisse s'écouler, elle s'y précipite avec une puissance égale à la totalité de sa masse multipliée par une vitesse qui est elle-même le produit du poids d'une colonne d'air d'un diamètre égal à la surface totale du conducteur isolé.

Le calorique électrique s'échapperait avec une vitesse réelle à travers cette issue, si elle était vide de calorique ; mais comme elle en est toujours pleine, le calorique dormant reçoit alors du calorique électrique un choc ou une pression qu'il transmet au calorique des corps voisins par la voie la plus facile qui n'est pas toujours la voie la plus courte.

Il existe entre un fil de fer et l'air qui l'environne, un passage rempli de l'électricité naturelle du fer qui, dans ce cas, est peu comprimée, parce que les petites saillies du fer soutiennent le poids de l'atmosphère, et que la partie du calorique répandue dans les intervalles qui séparent ces saillies, se trouve soustraite à la pression atmosphérique. Ce passage étant plus facile pour l'électricité artificielle que celui des atmosphéroïdes de l'air environnant, ou même que celui qu'elle pourrait s'ouvrir à travers les atmosphéroïdes de l'intérieur du fil de fer, l'électricité arti-

ficielle passera entre l'air et le fer, et elle en chassera l'électricité naturelle qui s'échappera par l'autre extrémité du fil de fer, parce que cette issue, quoique la plus éloignée, se trouve la plus facile.

Si vingt personnes forment la chaîne, la première recevra seule l'électricité qui repoussera et comprimera son calorique nerveux : la compression se communiquera instantanément à toute la chaîne; et si le doigt de la vingtième personne est trempé dans de l'esprit-de-vin, cet esprit de vin s'allumera, non pas avec le fluide du conducteur, mais avec le fluide spécial de cette vingtième personne : fluide qui jaillit alors, parce qu'il est comprimé, et que l'esprit-de-vin est l'issue la plus facile qui lui soit présentée.

L'électricité naturelle de la surface de la terre se répartit entre les différens corps proportionnellement à leur capacité électrique qui, toutes choses égales, est elle-même proportionnelle à leur densité. Mais, lorsque deux corps de capacité inégale se trouvent réunis, l'électricité qui est plus accumulée et plus pressée sur le corps le plus capable, se réfugiera sur le corps le moins capable; et l'équilibre de pression qui ne se rétablit alors qu'en détruisant l'équilibre de capacité, sera cause que le corps entier se constituera avec lui-même en état d'électricité relative : c'est-à-dire, que la partie de sa surface qui aura plus d'électricité que sa capacité n'en comporte, aura une tendance à la céder aux corps voisins; et que la partie de sa surface qui n'aura pas une électricité correspondante à sa capacité, aura une tendance à la leur enlever. Mais, comme les deux surfaces réunies

appartiennent à un même corps, les deux tendances opposées se détruiront réciproquement et ne produiront aucun effet, si ce n'est dans l'appareil inventé par Volta : appareil qui a servi aux chimistes à reconnaître que la même électricité relative qui existait entre deux métaux différens, existait entre les molécules constituantes dont la combinaison forme les différens corps, et que dans les combinaisons qui avaient pour principe l'oxigène ou l'hydrogène, l'oxigène était toujours négatif, et l'hydrogène toujours positif.

J'ai conclu, de ces deux observations, que le calorique atmosphéroïdal remplissait, à l'égard des molécules centrales, la même fonction que celle que remplit, à l'égard des corps solides ordinaires, le calorique dormant à leur surface.

Et j'en ai conclu aussi que l'état d'électricité relative dans lequel se trouvaient toujours les molécules constituantes, lorsqu'en se combinant par rapprochement, elles devenaient la molécule intégrante d'un nouveau corps, était le principal moyen dont la nature s'était servi pour faciliter les dissolutions, les précipitations, et par suite les décompositions des corps secondaires qui, s'ils avaient été moins décomposables, auraient donné aux végétaux et aux animaux, après leur mort, une durée nuisible au renouvellement des individus.

La cause de la moindre densité des molécules de l'hydrogène méritait une attention particulière.

Si les molécules de l'hydrogène, semblables à celles de l'oxigène, de l'azote et des métaux, eussent été formées par la juxta-position des atomes primitifs, il aurait fallu suppo-

ser qu'une molécule d'hydrogène était la plus petite de toutes les molécules simples ; mais, comme il serait résulté de cette supposition que l'hydrogène aurait dû être très-fluide et très-peu combinable, et qu'il est constant, au contraire, que l'hydrogène est un fluide très-visqueux et un corps très-combinable, j'ai dû recourir à la seule explication qui pût se concilier avec les faits.

L'eau, au moment de sa formation, occupe un volume beaucoup plus considérable que celui qu'occupait le mélange d'oxigène et d'hydrogène dont la combinaison la forme. La loi des capacités caloriques exigerait dès lors que cette combinaison produisît du froid, en absorbant le calorique des corps voisins ; et il arrive, au contraire, qu'elle n'a jamais lieu sans une expulsion de calorique et de lumière.

Or, cet effet serait inexplicable si la molécule d'hydrogène était une molécule primaire ; car elle n'occuperait, en ce cas, dans l'atmosphéroïde commune, qu'un volume relatif, proportionnel à son poids relatif, et elle augmenterait, proportionnellement à sa masse, la force attractive de la molécule d'oxigène dont le centre d'attraction serait à peine déplacé. L'expulsion, dans ce cas, ne pourrait donc être exercée que sur une quantité de calorique et de lumière égale à celle que peut contenir la très-petite atmosphéroïde d'une molécule quinze fois moins dense que celle de l'oxigène : quantité qu'il faudrait diminuer encore de celle dont l'atmosphéroïde de l'oxigène se trouverait augmentée par l'addition de la puissance attractive de l'hydrogène.

La cause du phénomène doit donc être attribuée au très-grand volume qu'occupe l'hydrogène dans l'atmo-

sphéroïde commune, et qui est cause qu'elle tient alors la place (1) de tout le calorique et de toute la lumière que la combinaison dégage et dont la molécule d'eau absorbe alors une partie pour passer à l'état de vapeur.

Plus on supposera de molécules réunies par rapprochement dans la formation d'un ~~nouveau~~ corps, plus il y

---

(1) La place du calorique dans l'atmosphéroïde commune n'est pas occupée seulement par une molécule d'hydrogène, mais au moins par deux molécules; parce que l'eau est le résultat de la combinaison d'un volume d'oxigène et de deux volumes d'hydrogène. Ces trois molécules très-rapprochées, mais qui ne se touchent pas, forment entr'elles un triangle obtusangle: triangle dans lequel la molécule unique d'oxigène occupe le sommet de l'angle obtus; et c'est dans l'intérieur de ce triangle, mais plus près de l'oxigène que de l'hydrogène, que se trouve le centre de gravité autour duquel se forme l'atmosphéroïde commune. Mais, dans ce système de corps, comme dans celui qui résulte de la réunion d'une plaque de cuivre avec une plaque de zinc, l'équilibre de pression ne peut s'établir qu'aux dépens de l'équilibre de capacité. Du côté de la base du triangle formée par les deux molécules d'hydrogène, il se trouve plus de calorique que ces deux molécules n'en auraient retenu en vertu de leur puissance attractive; et du côté du sommet où se trouve la molécule d'oxigène, il s'en trouve moins que l'oxigène n'en aurait retenu en vertu de sa puissance attractive : l'hydrogène doit donc avoir une tendance à donner ce qu'il a de trop, et l'oxigène à reprendre ce qu'il a de moins; il doit donc exister entre les molécules constituantes de l'eau un état d'électricité relative dans lequel l'oxigène est toujours négatif et l'hydrogène toujours positif.

aura de différence entre la capacité de l'atmosphéroïde unique de ce nouveau corps, et la capacité de toutes les atmosphéroïdes qu'elle remplace; et telle est la raison pour laquelle il y a une si grande différence entre l'électricité naturelle d'un corps, électricité qui, à l'égard de ce corps, est une véritable atmosphéroïde, et la quantité de calorique ou d'électricité contenue dans les atmosphéroïdes dont chacune des molécules de ce corps est le centre.

J'ai donc expliqué convenablement le peu de densité de l'hydrogène, en supposant que ses molécules constituantes étaient formées d'une multitude de molécules appartenantes aux séries de la lumière, que leurs formes rendaient, à-la-fois, moins fluides et plus combinables par rapprochement; j'ai supposé en outre que cette combinaison intime avait eu lieu au centre d'une agglomération de lumière, et que les molécules non combinées avaient dû former, dès lors, la majeure partie de l'atmosphéroïde.

Cette hypothèse m'a paru d'autant plus vraisemblable, qu'il est reconnu, par l'observation, qu'il se dégage une grande quantité de lumière, non-seulement lorsque l'oxigène se combine avec l'hydrogène, mais encore lorsqu'il se combine avec les différens corps qui ont l'hydrogène pour principe, et qui tous sont remarquables par leur viscosité.

Elle m'a conduit à une seconde hypothèse qui n'a pas, à la vérité, le même degré de vraisemblance, mais qui m'a paru devoir être accueillie comme la seule qui puisse servir à compléter la chaîne des êtres, en formant la transition des corps inorganiques aux corps organiques.

Tous les corps organiques proviennent du développe-

ment d'un germe dont la floraison ou la copulation accélèrent l'accroissement, mais qu'elles n'ont pas le pouvoir de former. Comment se fait-il que le végétal ou l'animal contienne toujours le germe particulier qu'il doit féconder ?

Quelques physiciens ont pensé que chaque germe contenait en lui-même la multitude infinie des germes qui devaient se développer dans la suite des siècles, de sorte que le premier contiendrait le second, celui-ci le troisième, et ainsi de suite ; d'où il résulterait que les mille germes fécondés par le développement d'un germe de millet ou de sénevé contiendraient chacun mille autres germes dont chacun en contiendrait mille autres, et ainsi de suite.

Il m'a paru beaucoup plus naturel d'abandonner à leur gravitation réciproque les moins fluides, par leur forme, de toutes les molécules qui, par leur densité, appartiennent aux séries de la lumière ou même aux dernières séries du calorique, et de supposer qu'elles peuvent se combiner entr'elles, de manière à former des milliers de séries de molécules complexes dont chacune serait un automate plus ou moins parfait, mais toujours d'une nature identique.

L'ensemble de ces séries composerait un fluide visqueux que la lumière de l'astre dominant entraînerait à la surface des globes où les molécules de ce fluide, auquel j'ai donné le nom de germinaire, se trouveraient mélangées avec tous les corps propres à servir de nourriture ou d'excitateurs aux plantes et aux animaux qui réuniraient ainsi, dans leur propre substance, parmi des milliers de germes inutiles, les seuls que chacun d'eux aurait le pouvoir de féconder.

Les germes composés d'une combinaison de molécules primaires ne seraient pas, comme elles, rigoureusement indestructibles ; mais ils ne pourraient être détruits qu'à l'aide de la fécondation. La naissance d'une plante ou d'un animal deviendrait ainsi la conséquence nécessaire de la décomposition d'une des molécules intégrantes du fluide germinaire ; et comme, en bonne physique, il n'est pas permis de multiplier les êtres sans nécessité, et que les fonctions que je viens d'attribuer au fluide germinaire peuvent, à ce qu'il me semble, être remplies par le gaz hydrogène, je puis considérer le gaz hydrogène et le fluide germinaire comme ne formant qu'un seul et même corps (1); et je conçois, dès lors, que les germes propres à être développés dans un certain point de l'espace et à une certaine époque de la durée, doivent toujours s'y trouver présens, et utiliser ainsi la puissance éphémère du principe fécondateur.

Le calorique élémentaire dont se compose la sphère universelle est divisé en une multitude de tourbillons, et le tourbillon de la terre est assez rapide pour pouvoir

---

(1) L'hydrogène, dans cette hypothèse, serait, comme la lumière et comme tous les autres fluides, composé d'une multitude de séries dont chacune appartiendrait à un ordre particulier, et la nature aurait placé dans tous les individus du règne animal et du règne végétal, des organes spéciaux destinés à extraire de l'hydrogène la série convenable. L'organe destiné à cette opération dans les animaux mâles a été décrit par les anatomistes.

» Ce sont de véritables pelotons de fil ; on en a retiré des filets longs d'un pied ; et en prenant le poids d'un filet

être compté parmi ceux qui, dans la direction de leur axe, ne présentent aucune résistance. La portion du calorique élémentaire qui se trouve la plus voisine du centre des tourbillons rapides, doit donc s'y précipiter dans la direction des deux pôles avec une puissance égale à celle du poids de la couche de calorique élémentaire qui existe entre la profondeur où se trouve placé le centre de ce tourbillon et la région la plus élevée de la sphère universelle.

Le noyau des astres se trouvant toujours placé dans la direction de l'axe de leur tourbillon, est traversé par le calorique élémentaire qui forme alors deux cônes divergens et opposés dont les filets entrelacés s'exhalent par tous les pores de la surface, dans une direction plus ou moins inclinée vers l'équateur.

---

séparé, on a calculé qu'il s'y trouvait en vaisseaux serpentans, 4800 fois la longueur de l'organe.

» Cette structure filamenteuse et la longueur très-considérable de ces filets reviennent dans toutes les classes des animaux et dans les insectes même.

» Chaque filet est un cylindre creux que l'on peut remplir de mercure et qui est semé de petits vaisseaux rouges. »

Les germes exhalés de la liqueur du mâle forment une vapeur subtile qui pénètre dans l'œuf de la femelle où dormait un germe de même espèce, mais dont une lente végétation avait augmenté le volume. Ce germe, mûr pour la vie, absorbe les germes fraternels, s'identifie avec eux, s'éveille, et devenu fœtus avant d'être visible, la rapidité de son accroissement le convertit bientôt en un animal parfait. (Dans les vivipares, l'œuf qui grossit et qui s'échappe de l'ovaire est reçu par la trompe de fallope qui le conduit dans la corne de la matrice, d'où il tombe dans la matrice même à une certaine époque de son accroissement.)

Lorsque le calorique élémentaire, devenu fluide magnétique, sort du noyau de la terre, il entraîne avec lui les séries du calorique terrestre qui lui sont les plus analogues, c'est-à-dire, les plus subtiles; et il trouve alors, dans le calorique dissolvant de l'air, une nouvelle et plus forte résistance à son mouvement translatif. Et si, dans l'état de pression où il se trouve, il rencontre les pores longitudinaux d'une barre de fer aimantée, c'est-à-dire, une multitude de canaux parallèles disposés à lui livrer un passage facile, il s'y précipite en convergeant, et sa force comprimante se change en un mouvement translatif dont la vitesse est proportionnelle à l'énormité de la pression. Mais, dès qu'il est sorti des pores du fer, il retrouve dans le calorique dormant une résistance qui s'est accrue proportionnellement à l'accélération du mouvement translatif; et la colonne mobile se trouve à l'instant même convertie en gerbe rétrograde. Telle est la cause des phénomènes magnétiques dont les effets, comme ceux des phénomènes électriques, sont toujours proportionnels à la puissance qui les produit, c'est-à-dire, à la somme de mouvement d'un projectile qui compense la petitesse de sa masse par sa vitesse réelle ou virtuelle.

Le tourbillon de la terre exerçant son double mouvement de rotation et de translation dans l'intérieur du tourbillon du soleil, la portion du fluide élémentaire qui traverse le centre du tourbillon terrestre doit être nécessairement une dérivation du tourbillon dominant : tourbillon qui contient en dissolution les métaux du soleil et l'eau résultante de ses flammes. Le calorique *magnétique* doit donc produire le double effet d'humecter la terre et

de la réchauffer par l'effet de la régénération des principes qu'il entraîne avec lui.

Le calorique *électrique* qui facilite, ainsi que je l'ai dit, les métamorphoses des élémens destinés à renouveler la végétation et la vie, est la cause immédiate de la régénération lente de l'eau vaporisée, et de sa dissémination sur la surface de la terre sous la forme de rosée, de brouillard, de neige ou de pluie.

Le calorique *sensible* est renouvelé à la surface de la terre par l'exhalation du calorique *central* et par la régénération des principes qu'il tient en dissolution. Il y est renouvelé par la température de l'océan qui elle-même est entretenue par ses nombreuses communications avec la masse du métal en fusion. Il y est renouvelé, enfin, par l'effet de l'absorption de la lumière solaire et de la régénération des gaz qu'elle entraîne avec elle.

Les végétaux terrestres ne sont autre chose, du moins en très-grande partie, que le résultat de la régénération des gaz qu'entraîne la lumière, et qui tous réunis à l'hydrogène, principe qui possède éminemment la propriété de retarder la marche de la lumière, forment avec lui le gaz végétal : gaz qui se compose d'un mélange d'hydrogène, de soufre, de carbone, de silicium, de fer, et de potassium, de magnésium et de manganèse.

Tous ces principes, régénérés par l'effet de l'absorption de la lumière et de la dispersion du calorique dissolvant, sont conduits à la place qu'ils doivent occuper par la circulation de la sève qui n'est autre chose que de l'eau pure aspirée par la capillarité des vaisseaux, et dont la force expansive est principalement due à la régénération d'une

portion de l'air atmosphérique que les végétaux contiennent toujours en abondance et à l'état solide : régénération qui est occasionnée alors par l'expansion du calorique dissolvant des principes solidifiés.

Les végétaux terrestres contiennent tous de la potasse, principe humectant que l'hydrogène dissout; tandis que les végétaux marins ne contiennent que de la soude, principe desséchant que l'hydrogène ne dissout pas et que, par cette raison, les eaux diluviennes ont dû dissoudre; et c'est le gaz *chloreux*, ou tout autre gaz métallique inconnu faisant partie des vapeurs subterranées, qui, en se combinant avec la soude pour former le sel marin (muriate ou hydroclorate de soude), a converti, dès le principe des choses, les eaux douces en eaux salées.

L'ordre dans lequel sont placés les fossiles prouve, en effet, que les premiers corps vivans sont nés dans l'eau salée.

Les glaces polaires sont aujourd'hui les sources de l'océan; l'exhalation perpétuelle du calorique central fond leur base et alimente les courans qui entraînent, dans la direction de tous les méridiens, les grands blocs que la fusion a détachés.

Elles sont renouvelées par les courans de la haute région qui transportent aux pôles les vapeurs de la zone torride, et par les courans magnétiques qui y déposent l'eau dissoute dans le tourbillon solaire.

Trois grands déluges produits par la régénération de l'eau du tourbillon terrestre, avaient précédé le dernier

déluge dont les eaux se sont élevées à une hauteur incomparablement plus grande.

La principale cause du déluge universel fut un orage formé dans le tourbillon solaire, et dont le courant magnétique détermina la chute sur le pôle austral. Les caps de Comorin, de Bonne-Espérance, de Horn et de Van-Diemen, furent le résultat de l'irruption de la mer du Sud, qui couvrit les continens, s'éleva au-dessus des montagnes et tomba dans la mer du Nord où elle charria alors les grands arbres dont les troncs dépouillés et criblés par les vers marins, se retrouvent parmi les glaces que le refroidissement a produites : glaces qui couvriraient aujourd'hui la moitié du globe, si la fusion de leur base n'avait pas été presque aussi rapide que l'accroissement de leurs sommets.

Les montagnes secondaires ont été formées par les sédimens successifs des débris des montagnes primaires dont l'océan diluvien avait détrempé et enlevé la superficie.

Les productions végétales qui se trouvent confondues dans les montagnes secondaires, avec les productions marines, sont la preuve des ravages qui avaient précédé les momens de calme pendant lesquels se sont opérées les précipitations.

La retraite progressive des eaux du déluge forma toutes les vallées de la terre et occasionna les déluges partiels aux époques où les mers intérieures, trop élevées au-dessus du niveau général des eaux, renversèrent leurs digues et ouvrirent les détroits. La même cause occasionna l'irruption de la mer du Nord dans la mer du Sud par le grand détroit qui sépara le Groënland de la

Laponie. Cette irruption qui fit disparaître le continent atlantique et donna à notre océan la forme d'un grand fleuve, est prouvée par les fragmens roulés des montagnes de l'Islande et du Spitzberg, et surtout par les débris des grands arbres qui couvraient alors l'Islande et qui furent entraînés avec les rochers entre lesquels leurs troncs écrasés se retrouvent aujourd'hui sous la forme de tablettes.

L'eau du déluge, en se retirant toujours, est devenue la mer actuelle dont le niveau baisse encore de quatre à cinq pouces par siècle.

Les bancs de coquilles indigènes, trouvés dans le département de la Vendée et sur les bords de la Méditerrannée, prouvent par leur état de conservation, que les eaux diluviennes ont baissé de plus de soixante pieds depuis quinze ou vingt siècles; et les coquilles indigènes qui, dans les falunières de Touraine, se trouvent confondues avec les coquilles des pays chauds, prouvent que, depuis trente ou trente-cinq siècles, le niveau du même océan qui nourrit aujourd'hui leurs analogues sur les côtes du Poitou, a baissé de plus de cent cinquante pieds.

Au-dessus du plan des falunières, on ne trouve plus que des coquilles des pays chauds, ou des coquilles dont les analogues vivans ne se retrouvent plus.

Les grands arbres et les autres végétaux fossiles exotiques ou inconnus, la forêt entière de palmiers trouvée près de Wirtemberg, les squelettes de crocodiles découverts en France et en Angleterre; les ossemens de lions et de hyènes trouvés dans les grottes de la Franconie; les éléphans et les rhinocéros dont les ossemens intacts et les

cadavres entiers sont enfouis à une petite profondeur sur les bords de la mer glaciale, les squelettes des grands animaux inconnus trouvés en Amérique, prouvent à-la-fois et la réalité du déluge universel, et sa date récente, et le refroidissement rapide qui en fut le résultat.

Les eaux diluviennes se perdirent d'abord par des engouffremens, et ensuite par des infiltrations qui ont progressivement diminué, mais qui dureront en diminuant toujours jusqu'à l'époque du desséchement absolu.

Il est impossible que la voûte qui porte l'océan devienne jamais imperméable dans toute son étendue, et il s'écoulera toujours une masse d'eau plus ou moins grande dans les filons de la croûte qui recouvre le métal liquide. Cette eau vaporisée par le feu central, s'exhale par les cratères des volcans, elle se régénère, et les fleuves la rendent à la mer; mais la restitution n'est jamais complète, et l'abaissement graduel du niveau général est le produit de la somme des différences.

L'eau infiltrée, introduit dans les cavernes sous-marines les principes qu'elle tient en dissolution; ces principes moins vaporisables qu'elle, s'accumulent, et les fournaises souterraines s'allument.

Le bitume qui est le plus combustible de tous, est le propagateur de l'incendie inextinguible auquel sont dus les tremblemens de terre et les grandes explosions des volcans, qui ont toujours lieu lorsqu'une masse d'eau s'introduit tout-à-coup dans les cavernes embrâsées.

Le pétrole, l'ambre, le jais, la houille et tous les bitumes minéraux ne sont que les produits de la vaporisation du *bitume marin* : concrétion de l'huile fétide qui résulte de la putréfaction des matières animales et

végétales entassées dans les profondeurs de l'océan.

C'est ce même bitume qui, mélangé avec l'hydrogène phosphoré dû à la même cause, s'élève à la surface des eaux dont la fluctuation le divise en parcelles lumineuses; et c'est encore lui qui donne à la mer son amertume et sa viscosité, tandis que la combustion visible ou invisible du phosphore donne aux eaux de sa superficie l'acidité qui leur est particulière.

Le soufre formé dans les cavernes sous-marines, et qui est dû probablement à la combinaison de l'hydrogène résultant de la décomposition de l'eau, avec un principe inconnu, s'exhale sous les formes de sulfates, d'hydrosulfure et de soufre natif. Mélangé avec le gaz arsénieux et les autres gaz métalliques subterrannés, il s'infiltre à travers la terre, et se régénérant avec les métaux dans les filons des montagnes, il compose avec eux la classe nombreuse des minéraux.

Le sel marin mêlé avec le bitume décrépite, s'embrâse, et se décompose ou se volatilise.

Les mines de sel gemme, les lacs salés et les fontaines salées, sont les produits des régénérations du sel volatilisé.

Le sel décomposé fournit le chlore ou tout autre principe inconnu, dont la combinaison produit les muriates.

Il fournit aussi la soude, dont une partie se régénère à la surface de la terre sous la forme de natron, et dont le surplus entraîné dans les grands canaux des volcans, facilite la fusion vitreuse de leurs parois qui bouillonnent alors, s'élèvent peu-à-peu jusqu'au cratère, et

débordent ensuite périodiquement à l'époque des grandes éruptions.

La terre n'est qu'un point dans le système solaire qui lui-même n'est qu'un point dans la sphère universelle. L'homme, relégué sur cette planète imperceptible, avait été conduit par la religion révélée jusqu'au sentiment de sa propre dignité : mais elle l'avait laissé dans une ignorance nécessaire alors à son bonheur. La terre lui paraissait immense, et dans la simplicité de son cœur, il remerciait Dieu d'avoir créé l'univers pour l'homme. La philosophie moins crédule et toujours indocile, s'est écartée des sentiers battus; égarée par de fausses lueurs, elle a pris, pendant trente siècles, le mensonge pour la réalité ; et lorsqu'enfin il lui est permis de comparer entr'elles les vérités isolées dont elle a fait péniblement la découverte, elle se retrouve au même point où la religion avait placé l'homme simple. Le savant et l'ignorant peuvent donc enfin se rapprocher ; puisque tous deux célébreront un Dieu créateur, et que tous deux le remercieront d'avoir créé l'univers pour l'homme.

Quel prodigieux concours de machines n'a-t-il pas fallu, pour qu'une masse de métal fondu, devînt par la force des choses ce que la terre est aujourd'hui? Ces machines conservatrices des races, ont été quelquefois funestes aux individus. La plus terrible fut le déluge universel ; mais alors les races humaines, voisines de leur berceau, n'occupaient qu'une très-petite portion de la surface d'un globe que la sécheresse eût sous peu de siècles rendu inhabitable ; et le déluge universel qui détruisit tout, a été en effet le complément de la

création. Ce fut lui qui consolida la croûte terrestre, et qui rendit habitables les vastes régions situées entre les tropiques. La rapidité primitive de la retraite des eaux permit à la population de s'accroître. L'océan, pendant son séjour, avait élevé des montagnes; il ne se retira qu'après les avoir sillonnées par des coupures nécessaires à la circulation des eaux douces; mais la science a découvert enfin la trace de ses pas; elle le suit dans sa retraite graduelle, prophétise l'abaissement de son niveau, et voit d'avance s'élever, dans ses profondeurs, les continens qu'il réserve à la race future.

Convaincu désormais que la terre a été en effet créée pour ses habitans, le savant interroge les cieux dont le génie lui a ouvert la route. Il voit que Vénus et Mercure ont une atmosphère de même hauteur que celle de la terre; il voit qu'ils ont, comme elle, des années, des jours, des crépuscules et des nuits; il voit enfin que leur plus grande chaleur résultante de leur proximité du soleil, se trouve compensée par des saisons plus rapides, et par des montagnes beaucoup plus élevées dont une neige éternelle couvre les sommets : il ne doute plus alors que ces planètes ne soient habitées. Mais comme il lui est impossible de supposer que Mercure, Vénus et la terre soient les seuls globes habitables de l'univers, l'analogie le conduit jusqu'à la plus hardie des hypothèses. Or, voici cette hypothèse fondamentale :

» *Tous les astres ont été ou sont des étoiles enflammées; tous ont été, sont ou seront habités; l'univers, inutile à la gloire du créateur, est une émanation de sa bonté; et il n'a été tiré du néant que pour le bon-*

heur des créatures intelligentes qui seules reçurent de Dieu le droit d'admirer ses œuvres et le pouvoir d'élever leur pensée jusqu'à lui.

J'ai rempli l'engagement que j'avais contracté de traduire dans un idiome intelligible les mystères de la science, et mon ouvrage aura du moins le mérite d'une utile compilation. Mais la théorie, à l'aide de laquelle j'ai expliqué l'univers et ses phénomènes, aura-t-elle l'approbation des savans, et puis-je me flatter qu'ils abandonneront sans résistance les séduisantes hypothèses qui ont été jusqu'à présent le sujet de leurs méditations ? Je ne crains pas les objections : champion de la vérité ou du fantôme que j'ai pris pour elle, un combat à outrance contre les géans de la science n'a rien d'effrayant pour moi, et je m'estimerai heureux d'être vaincu si le vainqueur fait briller à mes yeux la lumière que j'ai vainement cherchée dans les livres.

Il est un genre d'attaque plus dangereux, et que je n'aurais pas eu à redouter, si prenant un vol plus superbe j'avais affecté de dédaigner les préjugés vulgaires. Mais prétendre au titre de philosophe, et vouloir conserver le titre de chrétien, est une innovation qui doit soulever contre moi quelques hommes accoutumés à régenter l'opinion publique.

J'ai voulu concilier avec la simplicité des livres saints, les sublimités auxquelles la science est parvenue ; et, non content de prouver que mon système universel ne contenait rien de contraire aux vérités révélées, j'ai osé invoquer en sa faveur, le texte de la Genèse. Mais il a fallu

pour cela restituer au texte son véritable sens; et les disciples de Voltaire ne me pardonneront jamais d'avoir prouvé que leur maître n'avait pas compris, ou qu'il avait affecté de ne pas comprendre le livre qu'il avait choisi pour l'objet habituel de ses sarcasmes. Déguisés sous le masque d'une catholicité timorée, ils me dénonceront peut-être à l'autorité religieuse. Peut-être même s'en trouvera-t-il parmi eux qui auront le courage de soutenir que ma doctrine est favorable à l'athéisme.

» Votre livre, me diront-ils, tend à prouver qu'une matière fluide et gravitante abandonnée à sa propre force, avait dû produire une sphère solide; que cette sphère avait dû s'incendier spontanément; que les détonations avaient dû suivre l'incendie, et que la sphère unique avait dû, tôt ou tard, se diviser en des milliers de fragmens; que l'incendie de chaque fragment augmenta nécessairement jusqu'à l'époque de la fusion; qu'ils commencèrent alors à se refroidir; qu'à une certaine époque du refroidissement, l'eau résultante de l'incendie dut séjourner à leur surface; et qu'à cette dernière époque, les germes formés par l'attraction mutuelle des atomes durent se développer spontanément et se multiplier ensuite par les voies ordinaires. Les athées vous doivent des remercîmens de toute la peine que vous avez prise pour prouver que la matière abandonnée à elle-même avait pu former l'univers sans l'intervention de Dieu; et ils s'empresseront sans doute d'adopter un système qui rend désormais inutile l'intervention de Dieu dans la formation de l'univers.

» C'est en vain que, pour échapper à une conséquence

que vous avez prévue, il vous a plu de soutenir que les modifications qui rendent la matière capable d'agir par elle-même ne lui sont pas essentielles : les athées répondront que, si nous ne concevons pas la matière essentiellement existante, essentiellement fluide et essentiellement gravitante, cela ne prouve pas que l'existence, la gravitation et la fluidité ne lui sont pas essentielles, mais seulement que l'organe que nous appelons raison ne distingue pas toujours dans les choses ce qui est essentiel aux choses.

» Vainement avez-vous dit encore que le concours d'un être intelligent était prouvé par l'évidence du but et la sagesse des moyens; ils soutiendront que cet ordre qu'il vous plaît de trouver admirable, est un jeu du hasard, et que, puisque vous admettez une force active dans la matière et que vous convenez qu'il a pu résulter de ses mouvemens un monde quelconque, vous avez perdu le droit d'exclure le monde actuel de la multitude infinie des mondes que les mouvemens fortuits pouvaient produire.

» Votre respect pour la religion sera considéré par eux et par nous comme une simulation politique. A qui persuaderez-vous en effet, qu'un physicien puisse croire à la révélation et aux miracles? Laissons au peuple sa croyance, puisqu'elle nous est utile, et qu'il est dangereux de l'éclairer. Contentons nous d'être déistes ; c'est la religion des sages.

» Quant à la Genèse, ouvrage apocryphe fabriqué depuis la captivité de Babylone, il nous importe peu de savoir si elle est ou non conforme à vos idées sur l'origine des choses; et votre commentaire, très-déplacé

dans un traité de physique, est un hors-d'œuvre d'autant plus maladroit, qu'il vous expose tout-à-la-fois et aux censures des théologiens dont vous n'avez pas adopté les opinions, et aux railleries des philosophes que vous ne convertirez pas. »

Je n'ai pas la prétention de convertir des hommes vieillis dans un système qui a causé les crimes et les malheurs du monde ; mais je m'estimerai heureux si mes principes, qui sont indépendans des circonstances puisque je les ai publiés depuis plus de douze ans, préservent la génération qui commence, des séductions de la génération qui finit.

Dans des temps plus heureux, le christianisme fut la religion des simples; mais ce n'est plus aujourd'hui à des enfans, c'est à des hommes qu'il doit être prêché; et le zèle ne suffit plus au succès de l'apostolat. Une religion qui civilisa l'Europe, et qui fut celle de Bossuet, de Corneille, de Pascal et de Daguesseau, ne peut être une religion méprisable, et elle mérite du moins que ceux qui ont reçu le droit de l'enseigner, comme ceux qui prétendent au droit de la juger, prennent la peine de l'étudier.

La foi est un don du ciel; et je ne vois pas pourquoi ce don serait le partage exclusif de l'ignorance. J'irai plus loin, et j'oserai dire qu'un vrai philosophe doit être, plus que tout autre, disposé à croire à la possibilité de l'inspiration; car il sait mieux que personne que nous recevons nos idées, et que ce n'est jamais notre volonté qui les fait naître. Les Juifs haïs, méprisés et dispersés n'ont pas cessé d'être Juifs : ils ne sont plus

un peuple; mais ils sont encore une nation. J'admire, malgré moi, une secte dont l'étonnante histoire se rattache au berceau du genre humain, et qui me force de remonter au delà des temps historiques, pour trouver la cause de sa longévité. Un homme d'un génie extraordinaire s'éleva autrefois parmi eux; cet homme conçut le projet d'employer la double puissance de la religion et des lois pour civiliser une peuplade barbare et avilie par une longue servitude : projet sublime qui fut conçu par lui avant qu'il eût la volonté de le concevoir. Or, puisqu'il fut le résultat d'une inspiration quelconque, pourquoi ne croirai-je pas qu'il a été le résultat de l'inspiration divine?

Le monde spirituel a ses phénomènes comme le monde physique; et puisqu'il n'est pas impossible que Dieu, dans des cas prévus par sa sagesse, ait agi par sa volonté immédiate, j'en conclus qu'un miracle n'est pas une chose absurde, et que dès lors un philosophe peut y croire sans cesser d'être raisonnable. Il n'y croira cependant que par soumission à l'autorité compétente, et dans ce cas là même, il ne verra un miracle dans le fait attesté que lorsqu'il lui sera impossible de l'expliquer par les lois ordinaires. L'église m'ordonne de croire au déluge universel; j'y crois, et ma croyance à cet égard est d'autant plus affermie, que je ne trouve rien de miraculeux, ni dans l'invasion, ni dans la retraite des eaux.

Buffon, en interprétant le mot *gahambar* qui, dans la bible est traduit par le mot jour, a dit que les six jours de la création n'étaient pas des *jours* de vingt-quatre heures, mais des *époques* dont la durée avait

été de plusieurs siècles. Son opinion qui fut alors tacitement approuvée, puisqu'aucune censure n'intervint contre son livre, a pu être adoptée par moi, et j'en ai pu conclure que le 7.e *gahambar* qui fut celui du repos, n'était pas non plus un jour de vingt-quatre heures, mais une époque de plusieurs siècles qui s'écoulèrent entre la création racontée au premier chapitre et dont le soleil, les plantes, les animaux et l'homme furent le résultat, et les événemens racontés au second chapitre dans lequel il est question, pour la première fois, de l'individu portant le nom d'Adam, qui fut le chef de la plus belle et de la plus favorisée de toutes les races humaines.

Le droit d'interpréter le mot *eloïm* du chapitre 6.e, était la conséquence nécessaire du droit accordé à Buffon d'interpréter le mot *gahambar* du chapitre premier. Je dois croire, puisque Moïse le dit, que les *eloïm* prirent pour femmes les filles des *hommes*; mais il m'est permis de penser que les *eloïm* n'étaient pas de la race d'Adam, et que, dans le chapitre 6.e, le nom d'*homme* ne désigne que les enfans d'Adam.

Je dois croire également, puisque Moïse le dit, que, du mariage des *eloïm* avec les filles des hommes, il naquit des *géans*; mais il m'est permis de conclure de ce fait, que les êtres intelligens auxquels Moïse donne le nom d'*eloïm* étaient d'une taille beaucoup plus élevée que celle des hommes. Je consulte les érudits sur la signification du mot *eloïm*; ils m'apprennent que ce mot pris dans le sens littéral, signifie *les dieux* ou les *enfans de Dieu*; mais que, dans le sens métaphorique, les mots *de dieu* ajoutés à un substantif forment un super-

latif, et que les écrivains hébreux, pour désigner de *très-grands* cèdres ou de *très-hautes* montagnes, se sont souvent servis des expressions cèdres *de Dieu*, montagnes *de Dieu*; le récit de Moïse devient dès lors plus croyable que jamais, car il n'y a rien d'extraordinaire qu'il soit né des *géans* du mariage des filles des hommes avec les *eloïm* qui étaient des enfans *de Dieu*, c'est-à-dire, une race de *taille colossale*.

Ces deux interprétations m'ont paru à-la-fois raisonnables et licites, et je n'ai d'ailleurs proposé mes idées que sous la forme respectueuse du doute et en déclarant que je les soumettais au jugement de l'autorité enseignante.

Je n'ai donc pas à redouter les censures de l'église.

Quant aux railleries des incrédules, c'est une arme dont leur chef a beaucoup trop abusé pour qu'elle soit encore redoutable.

A l'époque où Voltaire prit son essor, la géologie, la minéralogie et la physique étaient dans leur enfance; et ce grand écrivain, dont la pensée embrassait tout, mais qui n'était pas au niveau de la science de son tems, (1) s'empresserait aujourd'hui de retrancher de la collection de ses œuvres, les plaisanteries relatives aux coquilles des Alpes, aux falunières de la

---

(1) Voltaire aurait voulu concentrer sur lui seul l'attention de l'univers; il était surtout importuné de la célébrité de l'auteur de l'*Esprit des lois* : aussi l'attaqua-t-il sans ménagement. M. de Montesquieu se contenta de répondre « que M. de Voltaire avait trop d'esprit pour comprendre son livre ».

Touraine, au déplacement des océans, à la formation des vallées, et à quelques autres vérités physiques.

Il est arrivé quelquefois à des prédicateurs, de confondre dans leur zèle les déistes et les athées. Les déistes se sont récriés contre l'inconvenance de cette association. Les athées seuls auraient eu le droit de s'en plaindre; car l'idée d'un univers sans Dieu, est moins absurde que celle d'un Dieu sans providence. Le philosophe qui croit à l'immortalité de l'âme et à une vie future, ne mérite pas d'être flétri du nom de déiste, car il est déjà à moitié chrétien, et il n'a besoin, pour devenir un chrétien parfait, que de croire à quelques mystères de plus.

Je reviens à mes adversaires.

Le raisonnement que le déiste place dans la bouche de l'athée, tend à prouver qu'il n'est pas impossible que l'univers ait été produit par le hasard.

J'admets, pour un moment, cette étrange proposition, et je cherche vainement quelle serait la conséquence qu'un homme raisonnable en pourrait tirer.

En donnant au mot *possible* sa plus grande latitude, on peut soutenir qu'il n'est pas impossible que l'Apollon du Belvédère ait été produit par un tremblement de terre qui aurait brisé en éclats une montagne de marbre; et comme mille accidens peuvent avoir cassé des fioles qui contenaient des couleurs, on peut soutenir aussi qu'il n'est pas impossible que le tableau de la Transfiguration ait été le résultat de leur mélange fortuit.

Un philosophe qui concluerait de cette non impossibilité qu'en effet la chose est arrivée ainsi, serait confié

aux soins des médecins; sa tête cependant serait plus saine que celle du philosophe qui, prenant ces deux exemples pour base de ses raisonnemens et les appliquant à l'infinité des chefs-d'œuvres dont se compose l'univers, conclurait de l'infinité des possibilités isolées, que l'univers est l'ouvrage du hasard.

Mais, pour pouvoir parvenir à se procurer en faveur du plus odieux des systèmes une chance unique contre une infinité d'infinis, l'athée est obligé de calomnier la raison humaine qui, dit-il, « ne voit pas toujours dans les choses ce qui est essentiel aux choses. »

Je serais autorisé à répondre à l'auteur d'un pareil raisonnement, que puisqu'il convient qu'il n'a pas le degré de raison suffisant pour distinguer les qualités essentielles des qualités accidentelles, il n'a pas le droit de prétendre au titre de philosophe.

Est-il donc, en effet, si difficile de distinguer ce qui est essentiel de ce qui ne l'est pas?

Une qualité essentielle est une qualité sans laquelle il est impossible de concevoir une chose : on peut concevoir un cercle ou un triangle plus ou moins grand; mais comme on ne peut concevoir un cercle sans rondeur, et un triangle sans trois côtés, on en conclut, avec raison, qu'il est essentiel qu'un cercle soit rond, et qu'un triangle ait trois côtés; nous pouvons affirmer encore que l'étendue et l'impénétrabilité sont essentielles à la matière, parce que nous ne pouvons concevoir la matière sans concevoir en même-temps qu'elle est dans un lieu, et qu'elle occupe une portion de l'étendue; nous pouvons affirmer enfin avec la même certitude que la fluidité et la gravitation ne sont pas essentielles à la matière;

car nous pouvons concevoir la matière à l'état solide, et nous pouvons concevoir deux molécules de matière qui ne seraient pas attirées l'une vers l'autre. A plus forte raison pouvons nous affirmer qu'il n'est pas essentiel que deux molécules s'attirent précisément en raison directe de leur masse, et en raison inverse du carré de leur distance; car il est évident pour nous, qu'elles pourraient tout aussi bien s'attirer en raison inverse ou directe des distances, et en raison inverse ou directe du carré ou du cube des masses.

La matière ne tient donc pas de sa propre nature la fluidité et la gravitation; elle doit donc les avoir reçues. Elle n'a pas pu se les donner à elle-même, car, pour qu'elle se les donnât, il aurait fallu qu'avant de les recevoir, elle eût à-la-fois et la volonté et la puissance de se les donner. Or, cette volonté et cette puissance seraient elles-mêmes des qualités accidentelles que la matière aurait dû recevoir. L'athée n'a donc pas même, en faveur de son système, la chance de l'unité contre l'infini. Atteint par la force de la vérité jusque dans ses derniers retranchemens, il se trouve forcé, ou de dégrader sa raison, ou de convenir que la gravitation et la fluidité, ou leurs causes quelconques, sont des modifications que la matière a reçues d'un être autre que la matière.

Ce serait donc vainement que l'on tenterait de représenter, comme favorable à l'athéisme, une doctrine qui en démontre l'absurdité; et ce n'est pas d'ailleurs d'après une proposition isolée, qu'il peut être permis de juger un système de métaphysique qui embrasse une série de propositions intimement liées entr'elles.

J'ai établi :

1.° Que les mouvemens de l'univers eussent été impossibles, s'il n'avait pas existé, au-delà de ses bornes, un vide indéfini, et un vide variable entre chacun de ses atomes.

2.° Que s'il suffit de concevoir le vide comme possible pour affirmer que l'existence n'est pas essentielle à la matière, la nécessité du vide devient une preuve formelle de cette vérité qui conduit elle-même à la nécessité de la création.

3.° Que l'on supposerait vainement la matière éternelle, puisque, dans ce cas, la matière inerte et passive n'aurait pu rien produire.

4.° Que la gravitation est une propriété accidentelle de la matière qui doit dès lors lui avoir été donnée par Dieu, soit directement, soit par l'intermédiaire d'une cause accidentelle qui tient elle-même sa puissance de Dieu.

5.° Que la gravitation, sans la fluidité, eût été une propriété inutile à la matière.

6.° Que la matière a reçu de Dieu la fluidité, propriété également accidentelle, de laquelle dépendait l'existence de la modification à laquelle nous avons donné le nom de *durée*, et qui n'est, selon moi, que le développement des nuances qui séparent la fluidité de la solidité.

7.° Que ce n'est qu'après avoir reçu de Dieu l'existence, la gravitation et la fluidité que la matière à été douée d'une force active suffisante pour produire l'universalité des choses.

8.° Enfin que Dieu n'a pas abandonné la formation des choses au concours fortuit des atomes ; mais qu'il a continué l'œuvre de la création en dirigeant leurs mou-

vemens, de manière à ce qu'il en résultât l'univers dont il avait conçu le plan, et qui, par cette raison, devait être nécessairement le plus parfait de tous les univers possibles.

Cette dernière conséquence paraîtra toujours paradoxale à ceux qui considèrent comme une imperfection dans l'ouvrage de Dieu, les accidens qui troublent leurs jouissances; mais je vais répondre d'avance à la plus forte de leurs objections en prouvant que le mal physique et le mal moral contribuent à la perfection de l'univers.

La douleur est un mal pour celui qui l'éprouve; mais Dieu ne pouvait empêcher ce mal, qu'en donnant à l'homme l'insensibilité de la plante. Si l'homme n'eût pas été assujetti à la douleur, ses organes mutilés par le fer, le feu ou la maladie, auraient été détruits avant qu'il pût s'en apercevoir. La constance et la résignation dans celui qui l'éprouve, la bienveillance et la pitié dans celui qui en est le témoin, sont des vertus que la nature humaine lui doit. Effet nécessaire du don précieux de la sensibilité, sentinelle attentive qui avertit l'homme de ce qui peut nuire à sa conservation ou à son bien-être, modification de la vie qui exerce l'âme, la fortifie et la perfectionne, la douleur n'est pas un mal; elle est un bien véritable, puisque si elle n'existait pas, l'univers aurait un degré de perfection de moins.

La mort n'est pas un mal pour l'individu qu'elle frappe; et la douleur morale qui accable alors ceux qui survivent, mais qui cède au pouvoir du temps, est un inconvénient inséparable des deux passions dont se compose le bonheur de l'homme, l'amour et l'amitié.

Les individus vieillissent, mais l'espèce persévère dans la plénitude de la vie; et le décret divin qui accorderait l'immortalité à la race vivante serait un décret de mort contre la race future. Ce décret, bienfait médiocre mais précieux pour les vieillards qui aiment encore la vie après l'avoir usée, serait un mal réel pour les jeunes gens qu'il condamnerait à végéter éternellement dans un monde immobile où la sagesse, fruit nécessaire du temps, aurait bientôt éteint les illusions de leur âge. L'amour conjugal, privé de but et d'avenir, ne serait plus lui même à leurs yeux qu'un besoin avilissant. Fatigués de l'existence, ils demanderaient à Dieu le droit de la transmettre; et se soumettant, sans regret, à la nécessité de vieillir et de mourir, ils ne croiraient pas avoir payé trop cher les délices de l'amour paternel.

Un voyageur s'est trouvé dans le passage de l'étincelle destinée à rétablir l'équilibre entre le ciel et la terre; il a été foudroyé; mais l'orage qui a abrégé sa vie a rétabli la pureté de l'air et préservé une province de la contagion et de la stérilité.

Un tremblement de terre a renversé Lisbonne; mais la race humaine qui vit au milieu des causes secondes dont elle éprouve à chaque instant l'activité bienfaisante, n'a pas dû être soustraite à des accidens qui résultent de la nature des choses.

Le maintien de la température convenable à la végétation et à la vie dépend principalement des communications que les infiltrations de l'océan établissent entre la chaleur centrale et le froid de la superficie.

La même cause produit, il est vrai, les tremblemens de terre et les volcans; mais le petit nombre des incon-

véniens qui en résultent, comparé à l'indispensable nécessité de la cause qui les produit, doit nous porter à faire des vœux pour l'éloignement de l'époque inévitable où l'extinction des volcans deviendra la preuve de la consolidation complète du métal terrestre.

Le mal moral est également un résultat nécessaire d'une cause bonne en elle-même et qui contribue à la perfection de l'univers.

Le vice qui dégrade l'homme vicieux nuit à l'homme de bien; et Dieu qui tolère ce désordre aurait manqué de bonté, s'il avait pu l'empêcher sans nuire à la perfection de son ouvrage. Mais les raisonneurs audacieux qui demandent compte à Dieu des crimes qu'il permet, auraient bien dû s'apercevoir que le vice était aussi indispensable dans le monde moral, que l'ombre dans le monde physique ; et que si Dieu se déterminait à l'anéantir, le même coup frapperait à-la-fois le vice et la vertu.

Dieu aurait pu, à la vérité, faire de l'homme un automate, dont les mouvemens eussent été toujours conformes à l'ordre; il ne l'a pas fait, parce que cet automate merveilleux eût été une créature moins parfaite qu'un être intelligent et libre, placé entre le bien et le mal, et pouvant à son gré annoblir ou avilir une âme destinée, si elle s'en rend digne, à participer un jour au bonheur et à l'éternité de Dieu.

L'homme a le genre de perfection qui convient à une créature, c'est-à-dire, une perfection qui n'a rien de commun avec la perfection de Dieu. Le droit de faire un choix entre le vice et la vertu est lui-même une preuve de l'imperfection de la nature humaine. Dieu ne choisit point; il

unçais a

fait nécessairement le mieux ; parce que son intelligence sans bornes voit à-la-fois tous les degrés du bien, et que sa puissance sans bornes qui accomplit, avec la même facilité, tout ce qui est possible, doit toujours être déterminée vers le mieux. Il est évident, en effet, que Dieu ne pourrait se déterminer à accomplir le moins bien par préférence au mieux, qu'autant que le moins bien serait mieux que le mieux : ce qui implique contradiction dans les termes.

Telles sont les conséquences auxquelles je suis parvenu en méditant sur le plus élevé des sujets auxquels la raison humaine puisse atteindre. Je n'ai pas l'orgueil de croire qu'il soit impossible de présenter des idées plus simples, plus grandes, plus convenables à la nature de Dieu : mais j'ai l'intime conviction que mon livre deviendra utile aux hommes, soit par son succès dont un novateur sexagénaire ne doit pas espérer d'être le témoin, soit par le succès d'un ouvrage meilleur, mais qui n'aurait pas eu lieu, si je n'avais pas, en généralisant la science, indiqué la seule des voies humaines qui puisse conduire à la vérité.

FIN DU SYSTÈME UNIVERSEL.

ADDITION.

La gloire est la seule récompense digne de l'homme de lettres, du savant et du philosophe. Celui qui, pour l'usurper, s'empare des idées d'autrui, commet un véritable vol. Il peut arriver quelquefois que la même idée appartienne à deux personnes qui n'ont eu entr'elles aucune communication; mais l'opinion qui distribue la gloire, et qui en est toujours avare, ne l'accorde qu'à celle des deux qui peut prouver l'antériorité.

Mon Système universel *contient un grand nombre d'idées que je crois neuves, mais qui, peut-être, ne le sont pas. Il est possible que mon livre ait quelque succès; et je dois, dans ce cas, m'attendre à un grand nombre de réclamations.*

Lorsque la vérité se présente pour la première fois, on la repousse; est-on forcé de l'accueillir, on lui conteste le mérite de la nouveauté. Aux revendications des vivans succèdent les revendications des morts; et les érudits ne sont jamais embarrassés pour prouver que les anciens ont tout imaginé, et que les modernes ne doivent prétendre qu'au mérite de l'imitation.

J'ai toujours aimé les sciences; mais je n'ai pu leur consacrer que mes momens de loisir. C'est dans les temps les plus orageux de la révolution que je me suis occupé de machines; et je n'ai commencé à écrire le grand ouvrage dont j'avais conçu le plan, qu'au moment où le territoire français a

été envahi par nos libérateurs. Les circonstances m'ont quelquefois entraîné. Sans la comète de 1811, *je ne me serais jamais occupé des mouvemens de la lumière; je dois à la chute des pierres célestes tombées en Normandie, d'avoir résolu le problème des aérolithes; et c'est la solution de ce problème qui m'a conduit à la découverte de la cause de la formation des astres et de leur embrâsement indispensable. Cette découverte ayant pour moi le sceau de l'évidence, je me hâtai de la publier très-peu de temps après que le phénomène de la pluie de pierres eût été constaté par les commissaires de l'Institut.*

Il me paraissait également certain que la lumière des comètes était due aux rayons du soleil, et que la courbure de leur queue n'était qu'une illusion optique. Mais les phénomènes accessoires présentant de grandes difficultés, je m'adressai à la Classe des Sciences, et j'y trouvai ce que je desirais le plus, des connaissances positives et des objections fortes.

L'explication que j'ai publiée en 1812 *n'est pas aussi complette que celle que je donne aujourd'hui; mais les bases y sont posées.*

Douze ans de réflexion m'ont permis de donner un plus grand développement au système cosmogonique que j'ai publié en 1803 *; mais l'explication fondamentale est restée la même.*

Je demande à mes lecteurs, la permission de reproduire ces trois opuscules qui donnent une date certaine à la partie la plus importante des idées que je publie aujourd'hui.

DISSERTATION

SUR

LES PIERRES TOMBÉES DU CIEL.

(Imprimée à Paris, an 12 (1803).

On a douté long-temps qu'il tombât des pierres du ciel. Aujourd'hui que le fait est constaté de la manière la plus authentique, il est question de rechercher la cause de cet étrange phénomène.

Les pierres tombées du ciel, en différens temps et en différens lieux, sont parfaitement semblables. Soumises à l'analise, elles ne présentent que des substances connues; considérées dans leur ensemble, elles n'ont aucune analogie ni avec les productions minérales, ni avec les productions volcaniques.

On avait d'abord pensé qu'elles pouvaient avoir été lancées par les volcans de la terre; mais on a senti qu'il était invraisemblable qu'un volcan lançât, à la distance de cinq ou six cents lieues, des corps étrangers à ses produits habituels, sans laisser dans l'espace intermédiaire aucune trace d'une si terrible convulsion; et l'on a eu recours aux volcans de la lune.

Cette conjecture est ingénieuse, et n'a rien de déraisonnable; des calculs fondés sur les densités relatives de la terre et de la lune, et sur la rareté de l'atmosphère lunaire, ont démontré la possibilité du fait. Le point lumineux qu'on aperçoit périodiquement à la surface de la lune a dû y faire présumer l'existence d'un

volcan; la hauteur relative de ses montagnes induit à croire que ses volcans sont doués d'une grande force éruptive, et la singularité des pierres tombées du ciel semble indiquer qu'elles sont les échantillons d'un monde étranger.

Une objection puissante s'élève contre ce système.

L'observation a démontré que l'atmosphère qui nous environne n'existe pas à la surface de la lune, et le raisonnement déduit de cette observation la conséquence alternative, ou que la lune est un corps refroidi dans lequel le calorique a perdu sa force expansive, ou (ce qui est plus difficile à croire) qu'il n'existe dans cette planète aucune substance susceptible de se convertir en gaz par l'action naturelle du calorique.

Dans la première de ces deux suppositions, les volcans de la lune n'auraient pas la force qu'on leur suppose, et dans la seconde ils nous enverraient des matières différentes de celles que nous connaissons.

L'auteur d'un nouveau mémoire a cru trouver, dans le sein de l'atmosphère, les matériaux de la pierre céleste, et je pense comme lui à cet égard.

Mais dans son système la pierre céleste aurait été formée par les combinaisons successives de certaines exhalaisons répandues dans les régions inférieures de l'atmosphère avec une *masse gazeuse* formée dans les hautes régions; et c'est en cela que nous différons d'opinion.

Je pense que les pierres célestes, et notamment celles qui sont tombées aux environs de Laigle le 6 floréal dernier, sont les débris d'un *rocher* formé *subitement dans la moyenne région* par la *précipitation* des matières hétérogènes qui le composent, et la *réunion de ce précipité autour d'un centre commun.*

Essayons de rattacher à la chaîne des phénomènes

connus, un phénomène nouveau pour nous, et plus terrible que celui de la foudre.

La qualité dissolvante de l'air est perpétuellement variable ; ses diverses parties contiennent toujours plus ou moins d'eau en dissolution. L'eau dissoute par l'air n'en trouble point la transparence ; mais cette transparence est troublée à l'instant de la précipitation de l'eau, et l'opacité de l'air augmente comme la précipitation dont les différens degrés sont indiqués, à la surface de la terre par les nébulosités et les brouillards plus ou moins épais, et dans la moyenne région par l'apparition des nuages plus ou moins sombres.

Si la précipitation parvient à son dernier degré, les molécules d'eau se réunissent entre elles, et tombent en gouttes de pluie ou en étoiles de neige.

Mais il arrive quelquefois dans les courans de l'air une certaine disposition qui fait qu'à l'instant de la plus abondante précipitation, les molécules précipitées sont entraînées vers un centre commun ; il se forme alors instantanément autour de ce centre d'activité une masse d'eau qui tombe sur la terre avec violence, sous forme d'averse, ou sous forme de grêle.

Si, au lieu de se diriger vers un centre ou vers un axe horizontal, la précipitation aqueuse se dirige vers un axe vertical, elle formera une trombe dont la chute occasionnera un déluge local, et si le vent concourt avec ce phénomène, il en résultera d'effroyables ravages.

La même cause qui entraîne vers un centre commun les précipités aqueux, doit opérer le même effet sur les *précipités solides*, et les réunir en *masses plus ou moins cohérentes*.

La roche atmosphérique est composée de silice, de fer, de magnésie, de nickel, de soufre, et de chaux. La silice entre pour moitié, et le fer pour un tiers dans sa composition.

Mais, si dans une région plus voisine de la terre, le précipité se trouve comprimé par un milieu plus dense, et si la poudre ferrugineuse dont il est composé en grande partie, s'aimante au moment de sa formation, il y aura dans l'intérieur de la masse une véritable cohésion ; ses molécules intérieures éprouveront une plus grande chaleur ; un commencement de fusion liera ces molécules entre elles, et la *pierre atmosphérique* sera formée ; l'oxigène renfermé dans ses cavités intérieures se combinera avec l'hydrogène dissolvant du fer, et *le gaz aqueux qui proviendra de cette combinaison brisera son enveloppe avec une détonation dont l'énergie sera proportionnée à la résistance de la masse.*

Si le vide occasionné par la détonation opère l'extinction de la flamme, il n'y aura qu'une seule détonation, et la pierre céleste tombera en gros fragmens.

Mais si la flamme subsiste après la détonation, ou si les cavités intérieures où se forme le gaz aqueux, se trouvent en grand nombre et sans communication entre elles, la première détonation sera suivie de *détonations partielles et décroissantes*, et il tombera alors une véritable pluie de pierres chaudes et fumantes, dont la grosseur ira toujours en diminuant, depuis le premier moment de la chute jusqu'au dernier.

Dans le système que je viens d'exposer, toutes les circonstances du phénomène se trouvent expliquées d'une manière naturelle.

La croûte qu'on aperçoit sur une portion de la surface des pierres célestes, prouve qu'elles ont été soumises à l'action d'un feu très-actif.

Le peu d'épaisseur de cette croûte prouve que le feu dont elles ont subi l'action, n'a été que momentané.

La forme irrégulière des pierres, leur cassure

brillante, et la petitesse du segment de la croûte primitive, prouvent qu'elles sont les débris d'une roche enflammée qui a éclaté, et qui s'est éteinte après l'explosion.

La pierre, telle qu'elle existe, forme un composé peu combustible, qu'on ne pourrait enflammer qu'à l'aide d'un feu violent et long-temps soutenu. Il est donc évident que ce n'est point un corps détaché de la lune ou de toute autre planète; car alors, en traversant rapidement l'atmosphère de la terre, et surtout par un temps serein, aucune cause connue n'eût pu l'embrâser; et quand on supposerait cet embrâsement possible, il n'aurait pas eu le temps de produire, dans l'intérieur de la masse, le degré de chaleur nécessaire pour en déterminer l'explosion.

Dans les pierres métalliques, qui sont le résultat d'une lente formation, les molécules intérieures sont plus adhérentes entre elles que les molécules extérieures. Le contraire ayant lieu dans les pierres célestes, on en doit conclure qu'elles sont le produit d'une formation instantanée.

C'est en plein jour et par un ciel serein, que les habitans des environs de Laigle ont vu se former le nuage dans l'intérieur duquel s'élaborait la roche atmosphérique; or, il est évident qu'un nuage ne peut se former dans une atmosphère sereine, que par l'effet d'une précipitation.

Ce nuage a disparu sans pluie; donc il n'était pas l'effet d'un précipité aqueux, mais bien l'effet d'un précipité de matières solides.

Lorsque les élémens de ce nuage se sont réunis en une masse, le nuage a dû disparaître, et il a disparu en effet.

Cette masse s'est embrâsée à l'instant de sa formation, parce que la loi des capacités caloriques veut qu'il y ait dégagement de calorique et de

lumière toutes les fois qu'un corps passe de l'état gazeux à l'état solide ; et le globe enflammé a été vu en effet à quinze lieues de distance.

La roche atmosphérique a détonné, parce que sa chaleur, plus grande encore à l'intérieur qu'à la surface, a occasionné l'expansion des vapeurs élastiques renfermées dans ses cavités.

La détonation a été terrible et suivie d'une continuité de détonations décroissantes, parce que la même cause qui a opéré l'explosion de la grande masse, a opéré l'explosion de ses débris, qui présentant moins de résistance, ont été subdivisés par de moindres efforts.

Les plus grosses pierres sont tombées les premières, et les plus petites les dernières, parce que la grosseur des éclats a dû être proportionnelle à la force des détonations.

L'existence du soufre en nature, et le peu d'oxidation des métaux dans l'intérieur de la pierre, prouve que ce soufre et ces métaux étaient dissous dans l'hydrogène, qui a empêché leur oxidation, en présentant à l'oxigène l'attrait d'une plus grande affinité.

On a remarqué que la chute des pierres célestes avait eu lieu dans la direction du pôle magnétique; et cette circonstance, si elle n'est pas l'effet d'une direction imprimée au nuage par le vent, ou de l'impulsion donnée à la masse par la première détonation, concourt à prouver que j'ai eu raison de considérer le magnétisme comme la principale cause de la dureté de la roche atmosphérique.

Il a été constamment observé qu'à l'instant de leur chute, les pierres célestes étaient brûlantes et exhalaient une forte odeur de soufre, et j'en tire la conséquence que ce n'est point de l'extérieur, mais bien de l'intérieur de la pierre que s'est dégagé le calorique qui a occasionné l'embrâsement momentané, et que

cet embrâsement n'est dû ni à l'électricité, ni à une combinaison chimique quelconque, qui n'auraient pu embrâser que la surface, mais à une cause beaucoup plus puissante, et qui est celle qui résulte du passage instantané d'un corps de l'état gazeux à l'état solide.

Mon système a pour base deux suppositions, que l'on peut à la vérité regarder comme gratuites, mais qui, ayant pour elles l'analogie, et n'ayant d'ailleurs rien d'invraisemblable, doivent être adoptées jusqu'à ce qu'on soit parvenu à trouver une cause plus probable.

L'une de ces suppositions, c'est qu'il se fait, dans le sein de l'atmosphère, des précipités solides.

L'autre, c'est que ces précipités sont hétérogènes, et composés constamment, et dans des proportions à-peu-près semblables, des six substances que renferment les pierres célestes.

Peut-être même n'est-il pas impossihle de vérifier ces deux faiss.

Il est vraisemblable que les matières précipitées ne se dirigent pas toujours vers un centre commun, et qu'elles tombent quelquefois à terre sous la forme d'une poudre impalpable.

S'il en est ainsi, on peut les retrouver dans les eaux pluviales, et ce n'est qu'après que les sédimens des citernes auront été analisés en grande masse, que l'on pourra savoir jusqu'à quel point mon espérance est fondée.

La formation subite de la pierre céleste, son embrâsement, sa détonation, et les détonations successives de ses éclats, ont fait naître dans mon esprit des idées d'un ordre plus élevé. J'ai pensé que dans cette circonstance imposante, la nature avait voulu présenter à l'homme observateur *une faible image de ce qui se passa à l'origine des choses.*

Les physiciens, les naturalistes, les géomètres, ont

hasardé des cosmogonies; ce grand sujet des disputes humaines sera-t-il toujours étranger au chimiste? et l'art sublime de décomposer et de recomposer les produits de la nature et d'en obtenir de nouveaux produits, cet art, qui long-temps témoin silencieux d'une foule de merveilles, vient enfin de les dévoiler et de les lier à un système général, n'a-t-il pas acquis le droit d'établir quelques conjectures sur la formation des êtres et l'avenir qui les attend?

Deux grandes pensées se sont élevées sur les débris des systèmes. L'embrâsement primitif, conception dont la hardiesse effraie l'imagination; et la gravitation universelle autour d'un soleil central, idée simple et sublime, digne en tout point de la Divinité. J'ai cru trouver dans les découvertes de la chimie moderne une nouvelle démonstration de leur probabilité.

Admirateur passionné des hommes célèbres qui ont augmenté la sphère des connaissances, j'ai pensé que les vérités élémentaires qu'ils nous ont enseignées, resserrées dans un même cadre, répandraient une lumière plus vive; je me suis emparé du plus grand des sujets, et laissant à la vénérable antiquité ses fables et ses allégories, j'ai osé célébrer, dans un langage moins indigne de lui, l'Être intelligent et immuable qui créa l'homme intelligent et perfectible.

Mais, que les consciences timorées se rassurent: *la piété n'a point à s'alarmer du progrès des lumières; l'autorité des livres saints ne sera point ébranlée par la science moderne*, et la *Genèse*, catéchisme de l'homme enfant, mais *qui contient des vérités propres à tous les siècles et à tous les pays*, n'en sera pas moins *respectée* par quiconque en aura lu le commentaire dans les écrits immortels de Galilée, de Newton, de Buffon, de Laplace et de Fourcroy.

GENÈSE

PHILOSOPHIQUE.

(Imprimée à Paris, an 12 (1803.)

Dieu voulut, et la matière reçut ses caractères indestructibles.

Il la divisa en lumière, en élémens, et en germes.

La lumière, mélange harmonieux de sept globes colorés, reçut l'expansibilité.

Les élémens, distingués entr'eux par la variété des formes, conservèrent leur inertie.

Les germes renfermèrent dans leur sein le développement infini de la chaîne des êtres qui devaient vivre et végéter.

Toute la matière fut douée d'attraction; le mouvement reçut ses lois, et la création fut achevée.

Du choc des forces opposées devait naître l'universalité des choses, et déjà les atomes ont commencé la lutte qui ne doit avoir de terme que celui de la durée.

La lumière éparse réunit ses molécules; quelques-unes, combinées avec les élémens, se modifient en magnétisme, en galvanisme, en calorique, en électricité : en magnétisme, invisible tourbillon circulant à la surface des globes, qui établit entre les êtres vivans et végétans d'imperceptibles liens, et commu-

nique au métal qu'il affectionne une direction particulière et le pouvoir d'échapper momentanément aux lois de la gravitation; en galvanisme, puissant excitateur du mouvement dans les animaux, et dont l'énergie subsiste encore après leur mort; en calorique, agent infatigable, qui, circulant dans les plus petites ramifications des corps, lutte sans cesse contre la cohésion; en électricité, tantôt fleuve bienfaisant, paisible soutien de la végétation et de la vie, et tantôt lac immobile d'où la foudre doit partir.

Combinée avec d'autres élémens sous ses formes diverses, la lumière leur communique une partie de son expansibilité. Les gaz élastiques qu'elle a formés s'unissent entr'eux et à de nouveaux élémens; tout attire, tout est attiré; des réunions d'un moment cèdent à l'attrait d'une plus grande affinité déterminée par un contact plus intime; les affinités varient avec la température, et la matière dissoute n'est plus qu'une atmosphère unique, séjour tumultueux d'un désordre apparent, où l'amour et l'inconstance exercent l'empire qui doit développer l'univers.

Mais la lumière, dissolvant général, ne peut pas plus long-temps contenir dans son sein l'universalité des élémens et des germes; elle s'épuise en efforts superflus; l'attraction l'emporte; l'atome s'unit à l'atome; les aggrégations solides s'unissent entr'elles; les nouveaux composés se précipitent vers un centre commun; une masse immense se forme, se presse; le calorique se dégage; et la lumière, séparée des ténèbres, commence la longue journée qui doit éclairer les siècles.

Vainqueur momentané de l'expansibilité, le *globe primitif* a renfermé dans ses vastes cavités les gaz impétueux qui, diminuant de volume et redoublant d'énergie, soulèvent avec effort la masse dont le poids les comprime; mais les forces sont égales, et l'équi-

libre ordonne le repos : leur délivrance fut l'ouvrage du calorique. Il unit l'oxigène, source de la vie, à l'hydrogène, source de la végétation ; de cette combinaison résulta l'eau, agent secondaire de la création, auquel il fut donné de dissoudre et de réunir, et qui devait un jour porter aux germes fécondés le tribut des élémens.

La lumière précipitée célébra la naissance du nouvel être ; elle apparut un instant dans la profonde caverne ; les voûtes sans appui s'ébranlèrent, et le premier tremblement produisit à la surface du premier globe d'horribles ondulations. Elles s'appaisent, et la matière cohérente s'affermit sur sa base.

Mais déjà l'eau vaporisée s'est convertie en un nouveau gaz, dont le calorique augmente incessamment les forces, devenues mille fois plus terribles contre une résistance mille fois plus forte. L'expansibilité triomphe à son tour ; une énorme *détonation* trouble pour la première fois le silence de l'éternité, et les lambeaux épars du globe foudroyé sont lancés jusqu'aux extrémités de l'espace.

Ces lambeaux ont perdu leur cohérence ; le calorique qu'ils exhalent a imprimé à leur surface une partie de sa mobilité, et les élémens et les germes sont devenus des milliers d'océans de lave, dont les vagues embrâsées se soulèvent, retombent, et se soulèvent encore.

Le choc qu'ils reçurent fut oblique ; ils tournent sur leur axe ; la masse liquide se presse autour du centre qui l'appelle ; la gravitation a déterminé sa forme, et les astres étincelans sont devenus des sphères déprimées vers les pôles, et renflées vers l'équateur.

A peine sont-elles formées, qu'une nouvelle détonation les déchire : leurs débris sont eux-mêmes

subdivisés en une *infinité de fragmens* qui détonnent à leur tour.

Le ciel est peuplé d'étoiles, et leur nombre surpasse celui des grains de sable dont la terre est composée.

Chaque étoile n'est dans l'immensité que ce qu'elle paraît aux regards de l'homme, un atome brillant; mais le plus petit de ces atomes visibles est cent fois plus grand que notre soleil, qui lui-même est un million de fois plus gros que la terre.

Portions séparées d'un même tout, les soleils gravitent entr'eux, et la force qui tend à les réunir, proportionnelle à leur masse, s'accroît à mesure que leur distance diminue.

Ils tombent l'un vers l'autre; leur vitesse s'accélère, mais l'impulsion primitive les emporte : ils continuent à regret la course qui les éloigne. Elle se ralentit enfin; ils s'arrêtent, rétrogradent, et, plus ou moins retardés par des milliers de perturbations, ils décrivent la courbe qui doit amener un nouveau rapprochement.

Si quelques réunions s'opèrent, l'astre victorieux parcourt une nouvelle orbite, ses pôles sont déplacés, et la vitesse de sa rotation augmente ou diminue suivant la nature du choc.

Cependant les détonations sont devenues plus faibles et moins fréquentes. Pure comme la lumière qu'elle dégage, la flamme parcourt paisiblement la surface des soleils, et les entoure de vapeurs que la lumière colore et que l'astre étincelant entraîne dans sa course et dans sa rotation.

L'atmosphère solaire est composée de couches d'une inégale densité, qui toutes l'accompagnent dans son orbite; mais *le mouvement de rotation est différent pour chacune d'elles*; la plus rare, qui touche à l'atmosphère universelle, se meut avec une lenteur

infinie; le mouvement augmente graduellement dans les couches inférieures, et la plus dense de toutes, qui touche la surface de l'astre, se meut avec lui d'un mouvement commun.

Cette atmosphère a ses ondulations, ses vents, ses foudres et ses météores. L'électricité y forme des nuages que le calorique dissipe. Quelques-uns s'épaississent et se réunissent en masses impénétrables à la lumière. Ces masses forment des taches sur la surface des soleils. L'élasticité de l'atmosphère les retient suspendues, mais les émanations qui s'y combinent augmentent incessamment leur poids, et le moment arrive où leur chute vient fournir à leur soleil un nouvel aliment, à moins toutefois que les masses élevées à la même hauteur ne se réunissent pour former une voûte continue. Cette voûte sera un anneau qui circulera autour de l'astre.

Mais les précipités sont quelquefois dirigés vers un centre commun, et l'atmosphère solaire entraîne alors dans sa course des sphères embrâsées. Si ces sphères sont trop cohérentes, les vapeurs élastiques qu'elles renferment les brisent, et leurs éclats retombent dans la vaste fournaise; mais si leur cohérence est faible, les vapeurs trouvent une issue, et la planète est formée.

Plusieurs précipités semblables ont eu lieu dans le cours des siècles; l'atmosphère s'est abaissée, et les planètes, abandonnées, suspendues à des hauteurs diverses, ont persévéré dans leur mouvement.

Les planètes eurent aussi leur atmosphère, dans laquelle de nouveaux précipités donnèrent naissance à des planètes secondaires qui circulèrent autour de leur planète, comme la planète autour de son soleil.

L'impulsion que tous les corps célestes reçurent, fut plus ou moins éloignée de la direction de leur centre, et chacun d'eux, tournant plus ou moins

rapidement sur un axe incliné et oscillant, a ses jours, ses saisons, son année, et la longue période qui fait correspondre ses saisons à différens points de l'espace.

L'atmosphère qui donna aux planètes leur impulsion, étant d'une densité variable, leur orbite fut légèrement elliptique. Elle était parallèle au plan de l'équateur; mais l'oscillation de l'axe du soleil occasionna les différentes inclinaisons des orbites; les planètes gravitèrent entr'elles, et le soleil lui-même fut déplacé par les astres qu'il avait formés.

Quelques volcans épars sur la surface des soleils ont lancé périodiquement des laves embrâsées; ces laves sont les comètes vagabondes qui parcourent l'étendue dans toutes les directions : quelques-unes vont enrichir un soleil étranger, d'autres retombent sur leur soleil natal, le plus grand nombre, s'échappant de ses bords, descendent encore une fois dans la profondeur de l'espace; celles qui l'approcheront de plus près entraîneront avec elles une partie de l'atmosphère brûlante qu'elles auront traversée, et viendront, dans l'obscurité des nuits, effrayer, par leur chevelure étincelante, les paisibles habitans des planètes.

Entouré de ses comètes, de ses planètes et de leurs satellites, *chaque soleil est la comète d'un astre supérieur*, qui lui-même, accompagné de ses soleils, *reçoit la loi d'un astre plus puissant*; et le soleil central autour duquel toute la nature se meut, obéissant aux lois qu'il impose, parcourt avec une majestueuse lenteur la dernière des orbites autour d'un point idéal.

Ce point est le centre du monde.

La planète qui versa le plus tôt dans le réservoir *universel* son calorique surabondant, fut *habitée la première*.

Son atmosphère descendit, se resserra, l'eau fut précipitée en grandes masses, et le *premier déluge* inonda le premier des globes habitables.

Le calorique vaporisa l'eau, qui, précipitée de nouveau, retomba pour s'élever encore; la surface moins brûlante la reçut enfin dans des milliers de lacs qui s'écoulèrent dans les mers. Les gorges, les vallées et les plaines furent l'ouvrage des eaux; le globe, crevassé, les reçut dans ses profondes cavités; *les vapeurs, sans issue, en brisèrent les voûtes* et s'ouvrirent un passage par la bouche des *volcans*.

Le globe, tourmenté, reçut les mers sur tous les points de sa surface; ses montagnes écroulées firent place à de nouvelles montagnes créées par les volcans et par les eaux; d'invisibles vapeurs, précipitées sous la forme de neige, vinrent habiter leurs sommets; la neige y retrouva le calorique, qui lui rendit sa liquidité; les montagnes versèrent dans les vallées les torrens écumeux et les ruisseaux limpides; les torrens et les ruisseaux se réunirent dans les plaines; le fleuve majestueux en parcourut les sinuosités, et rendit à l'océan les eaux que l'évaporation lui avait enlevées.

Le sol humecté que les eaux abandonnèrent fut réchauffé par le soleil, et les *germes de la végétation* s'y développèrent. La *première verdure* parut sur les *collines*; elle descendit dans les vallons, et devint l'ornement des rivages; elle couvrit les tranquilles étangs, et se balança sur le gravier des eaux vives. Tout végète à-la-fois; les agarics s'élèvent sur les mousses rampantes, les graminées croissent sous les buissons que les arbustes dominent; du sein des massifs, les arbres s'élèvent et suspendent dans les airs un dôme impénétrable aux feux du jour; les guis l'ont décoré d'une verdure étrangère, et les lianes qui n'ont pu l'atteindre, serpentent autour des

branches, les réunissent par des guirlandes, et retombent en festons.

Les végétaux sont affermis sur leur base par une racine chevelue; leur tige produit les feuilles passagères qui embellissent et nourrissent leur mère; le fruit en maturité se détache et va confier au sol une plante nouvelle; et partout la fleur capricieuse, créateur ou berceau d'une famille naissante, choisit dans la lumière les rayons qu'elle préfère, et *se colore des rayons qu'elle dédaigne.*

Cependant la nature en travail accomplit *au fond des eaux* le grand mystère de la *génération.* Tranquille un moment dans les lits qu'elle a choisis, l'eau dépose les molécules de l'argile qu'elle a dissoute et les débris des végétaux que les torrens ont entraînés. Le limon s'élève, il fermente, il échauffe de nouveaux germes qui se développent dans une température uniforme, il leur fournit leur nourriture, il protège leurs membres délicats sans en contraindre les mouvemens; les animaux sont formés, ils nagent, et, déjà devenus adultes, ils s'exercent à d'autres mouvemens.

La nature eut ses erreurs. Impatiens de la vie, quelques germes se heurtèrent, se confondirent et formèrent d'horribles mélanges; mais les monstres furent frappés de stérilité, les productions pures furent seules conservées; la femelle reçut le dépôt que le mâle dut féconder, et le plaisir, bienfait de la nature, en perpétua l'ouvrage.

Les coquillages et les polypes restèrent au fond des eaux; les coquillages, architectes infatigables, dont les fragiles demeures deviendront des marbres précieux; les polypes, république laborieuse dont les générations, fidèles au même plan, embelliront les abîmes de l'océan par une apparence de végétation, et construiront ou des filets mouvans ou

d'énormes rochers. Les poissons sillonnèrent la vaste étendue des fleuves et des mers, dont les amphibies peuplèrent les rivages; les quadrupèdes parcoururent les plaines et les montagnes où les reptiles et les insectes creusèrent leurs demeures; la troupe légère des oiseaux s'élança dans les airs, où tourbillonnèrent de nombreux essaims; chacun de ces insectes aîlés a choisi sa plante; la femelle prévoyante attache à ses diverses parties ou disperse autour de ses racines les semences d'où sortiront les vers dévorateurs, qui long-temps ensevelis dans le tombeau qu'ils auront construit, s'éveilleront enfin, et dépouilleront une vile enveloppe. Ces nouveaux habitans des airs voltigeront sur les fleurs, s'abreuveront de leur nectar, et rivaliseront avec elles par la richesse et la variété des couleurs.

L'eau pénétra lentement dans l'épaisseur du globe; elle y forma les cristallisations, les métaux, les sels, les minéraux, et une innombrable quantité de composés secondaires formés de leurs débris, des débris de la vie et de ceux de la végétation. Toutes ces substances, criblées par la porosité, furent l'habitation des insectes microscopiques. Leurs légions se multiplièrent dans l'air, dans l'eau, dans les végétaux, dans les animaux; ils portèrent la vie dans tous les points de l'espace, et chacun d'eux fut lui-même un monde pour des millions d'êtres organisés.

L'homme parut enfin; l'homme, animal superbe, et dont l'intelligence fut le phénomène le plus étonnant de la création; l'homme, interprète des êtres muets, et qui dut porter au Créateur l'hommage de toute la nature.

Il vécut un instant, mais il lui fut donné de s'élever au-delà de la vie par la force de la pensée; il connut le bien et le mal; il eut la faculté de créer l'ordre ou le désordre dans la sphère de son activité;

il reçut des penchans déréglés, avec le pouvoir de les vaincre; la vertu lui fit connaître la dignité de son âme; il desira le bonheur, et mourut avec l'espoir de renaître.

Funeste aux individus, mais favorable à l'espèce, la mort fut un bienfait du Créateur : amante attentive de la vie, elle répara ses erreurs, prévint sa caducité, et ne lui enleva d'inutiles débris que pour en former l'aliment d'une éternelle jeunesse.

Les fermentations furent à ses ordres. Agens invisibles et laborieux, ils s'emparent des individus que la mort a désignés, ils détruisent des formes et des composés éphémères, et rendent à la nature des composés plus simples, où les générations à venir puiseront la matière d'un nouveau développement.

Cependant, la soif et la faim entretiennent dans les animaux le mouvement nécessaire à leur conservation. Ils mutilent les végétaux, les broient, et les convertissent en leur propre substance; mais les végétaux détruits et renaissans ne suffisent plus à une population trop nombreuse. La guerre s'allume à la surface du globe, dans les airs, et jusque dans les profondeurs de l'océan; la guerre, nouveau ministre de la mort, élague le superflu de la vie. La force triomphe de la faiblesse, l'agilité de la force, la ruse de l'agilité. Le sang coule, les membres palpitans sont engloutis, et la destruction des êtres sensibles est devenue le résultat nécessaire du plus impérieux des besoins. Cette guère continuera jusqu'à la fin des siècles; mais les espèces ne seront point anéanties. Les plus faibles réparéront leurs pertes par une multiplication plus rapide, les plus voraces trouveront leur aliment, l'équilibre se conservera, et le nombre des créatures vivantes n'excédera pas les limites que la sagesse éternelle a prescrites.

Soumis à la loi générale, l'homme ne fut point

épargné; les grands animaux lui déclarèrent la guerre: jeté au milieu d'eux, nu, sans armes, sans défense, il allait devenir leur proie; mais il avait reçu l'intelligence pour concevoir, et la main pour exécuter. Réfugié dans des retraites inaccessibles, il y fabriqua des flèches rapides qui portent au loin la mort; protecteur ou tyran des animaux timides, il fut l'effroi des animaux féroces; tous reconnurent son empire.

Paisible possesseur du globe, il en décora la surface, il opposa des digues à la fureur des torrens, il arrosa le champ dépositaire des graines nutritives, il entoura sa demeure de végétaux utiles, il appliqua la flamme aux végétaux nuisibles, et la flamme obéissante rendit ses alimens plus sains et plus sapides.

Le roi de la nature connut le travail et la douleur; mais le travail, heureux emploi de la force, lui procura le sommeil et la santé; et si la douleur, sentinelle attentive chargée de veiller à sa sûreté, lui fit ressentir ses atteintes, il en triompha par le courage et la constance.

Les larmes furent l'attribut de la faiblesse. Doucement repoussé par sa timide compagne, l'homme fier et farouche triompha de sa résistance; mais lorsque, l'œil en pleurs et le sein palpitant, la femme suppliante vint demander à l'homme un asile, il éprouva la puissance des larmes: l'amour conjugal et la pitié naquirent à-la-fois dans son cœur.

La douleur précéda l'enfantement; mais la douleur fut momentanée, et les délices ineffables de l'amour maternel en bannirent le souvenir.

Et l'homme aussi connut alors un nouvel amour; sa sensibilité se développa, se répandit sur toute son espèce; les familles se réunirent; la société dicta, reçut, exécuta les lois protectrices; la sécurité donna naissance aux arts consolateurs; la pensée de l'homme s'agrandit, il leva les yeux vers le ciel, sa voix mé-

lodieuse éclata dans les airs, et la plus favorisée des créatures adressa au Créateur l'hymne de la reconnaisance.

Cependant, le globe fécondé parcourt son orbite accoutumée qu'il recommence avec l'année; chaque jour il tourne sur lui-même, tantôt inondé de lumière, tantôt plongé dans une voluptueuse obscurité tempérée par la clarté des étoiles, et chaque jour il revoit le soleil vers lequel il gravite. L'eau, plus sensible à l'attraction, s'élève en une vague immense qui accompagne l'astre lumineux dans sa course apparente. Une oscillation régulière s'établit au sein des mers, et deux fois chaque jour l'océan couvre et découvre ses rivages.

La plus douce harmonie s'établit entre les élémens; le calorique parcourt les diverses régions de l'air, dont il varie incessamment le poids et le volume; l'air et l'eau s'unissent pour embellir la demeure de l'homme; les flots obéissent aux vents qui les soulèvent; l'air pénètre l'eau et il en est pénétré. Le coquillage immobile au fond des mers y respire l'air nécessaire à la vie, et la plante qui végète au sommet des montagnes trouve dans l'air l'eau nécessaire à son accroissement. L'*électricité* vagabonde au sein de l'atmosphère *suspend ou précipite l'eau*, qui tantôt descend du ciel en pluie douce, et tantôt s'élève du sol en invisible rosée; les racines et les tiges s'en abreuvent; les feuilles la décomposent à l'aide de la lumière; l'air qu'elles respirent leur fournit le carbone; le carbone et l'hydrogène nourrissent la plante, et la basse région s'enrichit d'oxigène, air pur dont la combinaison lente entretient la chaleur et la vie, mais qui, s'il se combine avec rapidité, change en un instant la forme et la nature des corps, et dégageant à-la-fois le calorique et la lumière, présente une faible image de l'incendie primitif; entraîné

par les vents, il dissipe les exhalaisons nuisibles.

Les vents, aimables messagers de la nature, impriment à la tige des plantes une agitation salutaire, répandent au loin le baume des fleurs, et leurs poussières fécondantes, dispersent les graines aîlées, entretiennent la vigueur des animaux, et portent à tout ce qui vit et végète un aliment sans cesse renouvelé.

Si quelquefois leur course s'arrête, la nature est languissante; l'électricité déserte la surface du globe; elle s'accumule dans les nuages; emprisonnée par l'air qui les sépare, elle redouble d'énergie quand leur volume diminue. S'ils s'approchent, elle s'élance, l'éclair brille, le tonnerre gronde, les nuages qu'elle attire s'unissent, s'épaississent, ils s'abaissent, la foudre part. Un seul point frappé a rétabli l'équilibre; l'eau se précipite, et la douce haleine des vents ranime encore une fois la verdure et la vie.

Les régions polaires furent long-temps l'asile de l'homme contre les feux d'un soleil dévorant; elles furent son paradis terrestre. Le refroidissement graduel le repoussa jusque sous les tropiques. Il voulut alors revoir sa première patrie; les neiges éblouissantes furent le glaive flamboyant qui lui en interdit l'entrée. Le soleil, si long-temps redouté, devint le bienfaiteur de la nature; ce fut lui qui mûrit les fruits sur un sol trempé de sueurs; et l'homme, égaré par la reconnaissance, érigea des autels à l'astre conservateur.

Dieu qui avait créé l'homme sujet à l'erreur, ne fut point offensé; il ne troubla point l'ordre de l'univers pour exterminer une race impie, mais il la laissa périr, parce que la mort des races humaines était entrée dans ses décrets éternels.

L'homme éprouva la faiblesse du nouveau Dieu qu'il avait choisi. La chaleur des soleils ne s'étend pas au-delà de leur atmosphère; leur lumière parcourt

l'espace infini, mais cette lumière est froide; elle pénètre dans les globes qu'elle éclaire, elle se combine avec leurs différens composés, et ce n'est qu'en augmentant leur solidité, qu'elle en dégage le calorique qu'elle ne peut remplacer.

Le calorique fugitif obéit à des lois constantes. L'expansibilité qui l'entraîne dans le réservoir universel, reçoit de sa tendance à l'équilibre un accroissement d'énergie; les corps dont il détruit la cohésion ne conservent leur température qu'en l'absorbant en plus grande abondance, les régions supérieures l'enlèvent aux régions moins élevées, l'air plus rare refroidit l'air plus dense à travers lequel il s'élève, l'eau est refroidie par ses vapeurs, et les corps solides par leurs émanations; le globe réparateur de tant de pertes, ne peut lui-même réparer les siennes, et sa *chaleur intérieure* lui est encore *enlevée* par les *exhalaisons continues* et les éruptions périodiques des *volcans.* Elle s'épuise, et déjà le froid, avant-coureur de la mort, s'est fait ressentir aux extrémités de la création.

Mais la science, fille du temps et du génie, avait dévoilé à l'homme des secrets précieux; aidée de ses secours, la race vieillissante lutta contre le destin, et prolongea de quelques instans, et sa propre durée, et celle des êtres vivans et végétans à laquelle la sienne était liée.

Le globe qui fut la première demeure de l'homme est refroidi depuis long-temps, et sa surface endurcie couvre des germes sans énergie; mais la chaleur et l'humidité embellissent encore des milliards de globes, et *les soleils brûlans verront à leur tour se développer les germes indestructibles que leurs flammes ont vainement agités;* tous parcourront les époques nécessaires qui séparent l'extrême chaleur du froid

absolu, et la race humaine y exercera son empire passager.

La double force qui entraîne dans leur orbite les demeures successives de l'homme aura aussi son terme. L'atmosphère universelle, enrichie de tout le calorique des globes refroidis et de toutes les émanations des globes incandescens, devient chaque jour moins rare; les voyageurs infatigables qui la traversent dans toutes les directions, y déposent chaque jour une plus grande partie de leur force impulsive; la lumière incorporée à leur substance, en augmentant leur densité, a augmenté leur tendance réciproque; et tous ces cercles qui, aux yeux de l'homme, observateur éphémère, sont semblables entr'eux, ne sont dans la vérité qu'une spirale imperceptible dans laquelle les astres descendent, avec une vitesse accélérée, vers le centre de leur mouvement.

La lune, dépouillée d'atmosphère et d'habitans, est encore utile à l'objet de la création; la douce lumière qu'elle réfléchit sur la terre habitée y dissipe l'obscurité des nuits.

Mais, quand les glaces australes, franchissant le tropique, auront atteint les glaces boréales; quand la ligne de neige descendue des montagnes aura blanchi les rivages de la mer immobile; quand le calorique, réfugié dans les profondeurs de la terre, ne fournira plus à l'atmosphère ses principes fécondans; quand l'air et l'eau, devenus indécomposables, n'abandonneront plus au végétal informe une nourriture solide; quand l'oxigène plus rare excitera dans l'animal languissant une respiration plus fréquente; quand l'hydrogène, immobile dans les générations expirées, ne se developpera plus en miasmes putrides; quand la vie sans beauté, et la mort sans laideur, tromperont l'œil incertain; quand la dernière des créatures vivantes, l'homme réfugié dans les vallons

de l'équateur, n'obtiendra plus d'un soleil perpendiculaire que des rayons vainement concentrés; lorsqu'enfin la terre désolée aura reçu le dernier soupir de la race humaine, alors la lune, inutile satellite, se réunira à sa planète qui, plus brillante après son désastre, effacera la clarté des étoiles dans le ciel de Mars et dans celui de Vénus.

Vénus, Mars et la Terre, et tous les astres éteints qui brillent d'un éclat emprunté, iront se réunir à leur soleil; leurs glaces y formeront des mers qui se dissiperont en vapeurs, et les germes engourdis y retrouveront dans un incendie réparateur, leur énergie primitive.

Mais les soleils se glaceront à leur tour : vainement chaque périhélie aura rendu leurs feux plus ardens, et renouvelé l'embrâsement des astres secondaires qu'ils n'auront pas absorbés ; ces étés passagers rajeuniront la nature, mais les flammes superficielles ne rendront pas à la masse le calorique perdu, et l'*hiver éternel* qui s'avance à pas lents triomphera de leurs efforts.

Les soleils habités et refroidis, incendiés, repeuplés et refroidis encore, atteindront, comme leurs planètes, l'extrémité de la funeste *spirale*; et les mondes infinis, tombés de chute en chute, seront tous *réunis au soleil central*; lui-même se refroidira; le calorique se précipitera du sein de la lumière ; la lumière, rappelée des extrémités de l'espace et désormais immobile, couvrira le tombeau de la nature; les ténèbres régneront pour la seconde fois, et l'immuable éternité aura vu le temps commencer et finir.

DÉCOUVERTE
DE LA VÉRITABLE CAUSE
DE
LA QUEUE DES COMÈTES.

(Imprimée à Paris en 1812.)

Les habitans de la terre s'occupent peu de ce qui se passe dans le ciel. Les éclipses ont cessé depuis long-temps d'être un objet de terreur, et le peuple voit de sang-froid un phénomène que les almanachs prédisent avec une précision qui fait honneur à la science.

Les comètes seules ont échappé jusqu'ici au calcul des astronomes; leur apparition, toujours imprévue, inspire toujours le même effroi, et les savans, au lieu de rassurer les peuples, ont eux-mêmes donné l'alarme.

Halley avait calculé que la comète de 1680 s'était approchée de l'orbite de la terre à une distance égale à celle de la lune; et le même homme était persuadé, comme tous les astronomes de son temps, que la queue de cette comète, dont la longueur était mille fois plus grande que la distance de la lune à la terre, était composée des océans de la co-

mète, que la chaleur du soleil avait vaporisés, et qui pouvaient retourner à leur premier état.

Whiston attribuait à la queue de cette même comète le déluge universel.

M Delalande, en vérifiant les calculs de Halley, avait trouvé qu'elle devait être la même que celle qui avait paru du temps de Jules César, et qu'elle avait dû passer très-près de la terre, l'an 2349 avant Jésus-Christ.

Les vieillards se souviennent encore de la consternation que produisit une brochure publiée par le même M. Delalande, en 1763.

Jacques Bernoulli avait osé dire, dans son ouvrage sur les comètes, que si le *corps* de la comète n'était pas un signe visible de la colère de Dieu, la queue pouvait bien en être un.

Le même astronome avait prédit le retour prochain de la terrible comète de 1680 pour le 17 mai 1719. Mais elle ne fut pas exacte au rendez-vous, et elle n'a pas reparu depuis.

Le grand Newton, qui a dérobé à la nature tant de secrets, partageait l'erreur commune; mais il sut donner à d'antiques rêveries les couleurs de la vraisemblance; et ne pouvant rassurer les hommes sur les bouleversemens que pouvait produire cette épouvantable cataracte, il les consola du moins en leur apprenant qu'il en résultait une rosée bienfaisante nécessaire pour désaltérer les mondes et leur rendre l'eau que la végétation avait convertie en terre solide.

J'étais peu satisfait de tout ce qui avait été dit par les anciens et les modernes pour expliquer la queue des comètes; mais j'étais loin d'imaginer qu'un jour je découvrirais moi-même la cause de ce phénomène. Je ne la cherchais point : elle s'est présentée à moi, et la réflexion m'y a fait reconnaître

tous les caractères qui constituent une certitude morale.

Inspiré comme Mahomet, mais un peu moins ignorant que lui, je puis dire avec plus de vérité :

« Je viens, après mille ans, détromper l'univers. »

Bonnes gens, qui considériez avec stupéfaction la queue redoutable des comètes, leurs barbes hérissées, et leurs crinières flamboyantes, rassurez-vous ; ce que vous avez vu, ce que vous pourrez voir dans la suite des siècles, n'est qu'un fantôme ; et vos enfans, plus sages que vous, se sont amusés de ce qui causait votre effroi.

Lorsqu'après avoir éteint toutes les chandelles, excepté celle qui est cachée dans son instrument, le modeste démonstrateur ouvre la *lanterne magique*, il apparaît une clarté subite qui fixe moins votre attention que les figures grotesques qui se meuvent sur la toile ; ce cône lumineux qui vous rend visible l'air de votre appartement, n'est que la parodie d'un plus grand spectacle. Ne demandez plus ce que c'est qu'une queue de comète : elle est devant vos yeux.

Déterminé à donner de la publicité à un système que je considère comme une découverte utile à l'humanité, j'ai hésité sur le parti que j'avais à prendre pour y parvenir. N'étant ni géomètre, ni astronome, il ne m'est pas donné de pouvoir m'exprimer dans la langue des initiés ; et d'un autre côté quelque simples que soient mes démontrations, elles seront toujours inintelligibles pour la multitude. Je ne puis donc m'adresser qu'à la classe intermédiaire, qui, plus rapprochée de la classe ignorante, peut seule lui communiquer quelques parcelles d'instruction.

Tout homme à qui les premiers élémens de physique et d'optique ne sont pas étrangers, va être mis à portée de décider si mon système mérite en effet d'être distingué des vaines hypothèses qui l'ont précédé.

Je n'ai pas à m'occuper de la question de savoir si les comètes sont ou non contemporaines de la création, si elles tournent constamment autour du soleil, ou si leur apparition n'est qu'accidentelle. Pour arriver à une vérité nouvelle, il faut partir des vérités reconnues.

Les comètes sont des corps célestes qui ne brillent point de leur propre lumière, mais qui réfléchissent les rayons du soleil. L'atmosphère qui les environne est d'un diamètre vingt ou trente fois plus grand que celui de l'astre lui-même que l'on désigne sous le nom de *noyau*. Cette atmosphère est visible à l'œil simple, et il faut souvent des instrumens pour distinguer le noyau.

La comète et son atmosphère dont la lumière est plus ou moins colorée, ont quelquefois une queue dont la lumière est toujours blanche, et qui varie en étendue. On a vu des queues qui occupaient le quart et même le tiers de la voûte céleste.

La comète est toujours placée entre sa queue et le soleil.

Si la terre est voisine de leur axe commun, la queue, qui est alors cachée en partie par l'atmosphère de la comète, prend le nom de chevelure ou de barbe, suivant qu'elle se trouve placée au-dessus ou au-dessous de la comète.

Les queues présentent constamment quelques autres phénomènes, dont l'explication plus ou moins naturelle déterminera le degré de confiance auquel je puisse avoir droit.

Si le phénomène principal et les phénomènes ac-

cessoires ont été jusqu'à présent inexplicables, c'est que les philosophes qui s'en sont occupés ont tous considéré les queues des comètes comme faisant partie de leur atmosphère.

Les trois principaux systèmes sont ceux de Francklin, de M. le Mairan et de Newton.

Francklin suppose que l'électricité de l'atmosphère cométaire et celle de l'atmosphère solaire sont de même nature, et qu'il en résulte dans l'atmosphère cométaire une répulsion.

Mais il y a des comètes qui, dans leur *périhélie*, c'est-à-dire, dans leur plus grande proximité du soleil, en sont plus éloignées que n'en est la terre. Est-il vraisemblable qu'à cette distance, la répulsion électrique se fasse sentir au point de chasser l'atmosphère à plusieurs millions de lieues du corps de la comète ?

M. le Mairan attribue la queue à une portion de l'atmosphère solaire dont la comète se charge en la traversant.

Mais il y a beaucoup de comètes qui ne traversent pas l'atmosphère solaire; et dans tous les cas, si l'on admettait l'hypothèse de M. le Mairan, il serait impossible d'expliquer pourquoi les comètes ont quelquefois une queue ayant leur périhélie, et pourquoi cette queue, au lieu d'être traînée par la comète, se trouve toujours en opposition avec le soleil, quelque soit le point du ciel vers lequel la comète se dirige.

Newton suppose que la chaleur que la comète éprouve pendant son périhélie, détermine son atmosphère à s'élever en forme de queue; que cette queue suit la comète dans son orbite, revient avec elle, et qu'elle est seulement alors un peu moins belle qu'auparavant.

Mais pourquoi, dans cette hypothèse, les va-

peurs ne s'élèvent-elles pas de la partie de la surface qui est tournée vers le soleil ? Pourquoi ces vapeurs, au lieu d'obéir à l'attraction du soleil et de s'élever vers lui, prennent-elles la route opposée ? Pourquoi, lorsque la comète se meut lentement et à une distance incommensurable du soleil, ne se condensent-elles pas et ne retombent-elles pas sur la comète ?

Le divin Newton, en créant ce système, a payé son tribut à l'humanité.

Pour arriver à la véritable cause qui produit la queue des comètes, j'ai dû m'éloigner des sentiers battus, et j'ai substitué à toutes les hypothèses hasardées jusqu'à présent la proposition suivante, à laquelle on ne contestera pas du moins le mérite de la nouveauté.

« *La queue des comètes ne fait point partie de leur atmosphère ; ce n'est qu'un spectre produit par les rayons solaires que la rencontre de l'atmosphère cométaire a forcé de converger vers un axe commun, et qui, augmentant la clarté de la partie du ciel qu'ils traversent, rendent visibles les molécules du fluide éthéré qui se trouvent sur leur passage.* »

Avant d'admettre cette proposition, on peut exiger que j'en prouve six autres, savoir :

1.° Que l'espace que nous appelons ciel est rempli d'un fluide quelconque ;

2.° Que ce fluide est propre à réfléchir la lumière;

3.° Qu'il doit la réfléchir d'une manière sensible pour nos organes, lorsqu'il est plus éclairé dans une partie que dans une autre;

4.° Que les rayons solaires ne peuvent parvenir au point du ciel où se manifeste le phénomène appelé *queue*, qu'après avoir traversé l'atmosphère de la comète ;

5.° Qu'ils ne peuvent traverser l'atmosphère cométaire sans converger vers un axe commun ;

6.° Enfin, qu'il résulte de cette convergence une augmentation de clarté pour les molécules du fluide éthéré.

Si, après avoir prouvé ces diverses propositions, je parviens à expliquer d'une manière satisfaisante tous les phénomènes accessoires que présentent les queues des comètes, mon système cesse d'être un système, c'est une véritable découverte.

1.° *L'espace est rempli d'un fluide.*

Le vide absolu répugne à la raison. Si vous regardez le ciel à travers un trou d'aiguille, vous apercevrez un grand nombre d'étoiles ; vous en verriez un plus grand nombre si votre organe était moins imparfait; et si la carte percée se trouvait dans un point quelconque de l'espace, au-delà du cône ombreux de la terre, la quantité de rayons qui passerait par le trou d'aiguille serait double alors de ce qu'elle était auparavant.

Mais la lumière n'est pas le seul corps qui remplisse l'espace, et les atmosphères des corps célestes lui paient depuis le commencement des siècles un tribut journalier dont se compose le gaz que j'appelle *fluide éthéré.*

L'atmosphère des globes est le résultat des exhalaisons qui s'en élèvent, et dont il ne retombe qu'une très-petite partie sur le globe qui les a produites.

La température naturelle de la terre, augmentée par celle qu'elle reçoit du soleil, volatilise plus ou moins les substances voisines de sa surface.

Les fleuves ne rendent pas à la mer toute l'eau qui s'en évapore. Il en est de même de l'évaporation des

corps solides; et, sans entrer ici dans des détails qui m'entraîneraient trop loin, il me suffira de dire qu'il est reconnu par tous les physiciens, que la somme des gaz aériformes produits par l'action du calorique, est beaucoup plus grande que celle des solides produits par la décomposition des gaz, et qu'ainsi la quantité des substances gazeuses qui composent le mélange que nous appelons *air*, s'augmente sans cesse.

L'atmosphère de la terre doit dès lors ou s'élever indéfiniment, ou se contenir dans certaines bornes.

L'élévation indéfinie de l'atmosphère est contre toute vraisemblance; car si elle avait lieu, l'air que nous respirons porterait aujourd'hui un poids plus grand que celui qu'il portait autrefois, et sa densité toujours croissante deviendrait dans la suite des siècles un obstacle à la végétation et à la vie.

La hauteur de l'atmosphère a donc des bornes. J'ignore à quelle hauteur elles sont placées; mais la raison m'apprend qu'elles existent, et que l'air qui les franchirait cesserait d'obeir aux lois de la gravitation.

Les physiciens reconnaissent qu'un gaz aériforme, quelle que soit la substance qui ait été mise en cet état, jouit d'une élasticité parfaite; qu'il est expansible indéfiniment, et que s'il n'occupe dans l'espace qu'un certain emplacement, c'est qu'il est empêché par une cause quelconque d'occuper un emplacement plus grand.

Les bornes de l'atmosphère seront donc à la hauteur où la gravitation, qui agit en raison des masses, et qui agit d'autant moins que les masses sont plus éloignées, se trouvera en équilibre avec la force d'expansibilité.

Au-delà de ces bornes, l'expansibilité sera triomphante, et le gaz échappé à l'atmosphère de la terre

s'étendra indéfiniment jusqu'à ce qu'il rencontre un gaz semblable échappé de quelqu'autre planète, et dont l'expansibilité s'exerce en sens contraire.

Du mélange des gaz échappés de toutes les atmosphères, il doit résulter un gaz nouveau qui remplira l'immensité de l'espace. Ce gaz, dont l'existence est la conséquence nécessaire des principes universellement adoptés, est ce que j'appelle *fluide éthéré*.

Ce fluide, démontré à la raison, et dont la densité doit s'augmenter sans cesse, embarrasse quelques astronomes. « S'il existait, disent-ils, il devrait opposer au mouvement des astres une résistance proportionnelle à sa densité. Or, les observations actuelles, comparées aux observations faites il y a trois mille ans, prouvent qu'il n'y a pas eu de retardation sensible dans le mouvement annuel de la terre ».

En admettant la vérité du principe et l'exactitude des observations que l'on m'oppose, il en résultera tout au plus que le fluide éthéré n'a pas acquis jusqu'à présent assez de densité pour que l'effet de sa résistance ait pu produire une retardation sensible dans le cours de trois mille ans.

Mais d'abord, trois mille ans ne sont rien, comparés à la durée que doit avoir le monde.

Et en second lieu, il faut bien remarquer que l'effet de la résistance du fluide éthéré serait tout-à-la-fois de diminuer et d'augmenter la vitesse des astres.

La courbe que décrivent les astres autour de leur centre est le résultat de deux forces, dont l'une tend à les précipiter vers ce centre, et dont l'autre tend à les en éloigner.

Si les astres éprouvent quelque résistance en traversant le fluide éthéré, la perte de mouvement, résultant de cette résistance, aura lieu aux dépens seulement de la force centrifuge; car la force centripète

ne varie pas quand la distance reste la même. L'astre descendra donc d'une certaine quantité vers l'astre qui l'attire ; son orbite, alors, ne sera donc plus un cercle, mais une spirale, dont le développée est plus courte que celle du cercle correspondant ; et l'astre, ayant dès lors un chemin moins long à parcourir, accomplira plus vite sa révolution.

Mais cette spirale est un plan incliné sur lequel un corps grave descend, et les corps qui descendent sur un plan incliné suivent dans leur accélération la même loi qui régit les corps qui tombent perpendiculairement.

Or, une cause accélératrice, quelque faible qu'elle soit, doit l'emporter sur une cause retardatrice quelque grande qu'elle soit, lorsque cette cause retardatrice n'augmente pas dans la même proportion que la cause accélératrice.

L'effet de la résistance du fluide éthéré rendra donc dans la suite des temps les années plus courtes qu'elles ne le sont maintenant.

Un autre effet de cette résistance sera le rapprochement de la lune vers la terre, et de la terre vers le soleil ; et comme ce n'est que depuis très-peu de temps que l'on a déterminé avec quelque précision la distance de la terre au soleil et à la lune, ce ne sera que dans quelques milliers de siècles que l'on aura la preuve certaine du rapprochement de ces deux astres par l'augmentation de leur parallaxe (1).

En attendant que cette prédiction se vérifie, rien

(1) Lorsqu'un astre vu de deux endroits très-éloignés l'un de l'autre correspond à différens points du ciel, il a ce qu'on appelle une *parallaxe*, et l'on peut dès lors déterminer géométriquement sa distance de la terre.

ne doit empêcher les astronomes mes contemporains, de reconnaître avec les plus sages physiciens, avec Euler et avec Newton lui-même, l'existence d'un fluide éthéré, résultat nécessaire de l'accroissement graduel des atmosphères.

2.° *Le fluide éthéré est propre à réfléchir la lumière.*

Tous les corps que nous connaissons sont doués de cette propriété. Les corps que nous appelons *noirs* n'en sont pas privés; les corps colorés en jouissent plus ou moins; et les corps *blancs* possèdent cette propriété au degré le plus éminent, parce qu'ils réfléchissent la lumière telle qu'elle est, et sans la décomposer.

L'air est un corps *blanc*; il n'est rendu *bleu* que par l'interposition des vapeurs demi-gazeuses qui s'élèvent de la surface de la terre.

L'homme, placé sur une haute montagne, ou planant à la même hauteur, voit le ciel noir, parce que l'éclat du soleil ne permet pas d'apercevoir les petites lumières réfléchies. Lorsque le soleil brille, il règne seul dans l'espace, et tout est noir autour de lui, parce que tout est noir en comparaison de lui.

Les montagnes éloignées nous paraissent bleues; mais si une tempête a dissipé les vapeurs, si une pluie abondante les a entraînées vers la terre, l'air ne colore plus les montagnes, et nous revoyons leurs couleurs naturelles. Nous voyons même alors d'autres montagnes plus éloignées que nous n'apercevions pas, parce que les vapeurs qui colorent l'air diminuent aussi sa diaphanéité.

Dans ces mêmes circonstances, et surtout le matin, la haute région de l'air nous réfléchit la lueur

qui produit le crépuscule, lueur que l'on a appelée *aube* (*alba*), à cause de sa blancheur, et c'est alors seulement que nous pouvons reconnaître la véritable couleur de l'air.

Rien n'est absolu dans la nature, et nos perfections ne sont que de moindres imperfections. La grandeur et la petitesse, la densité et la rareté, l'opacité et la diaphanéité sont des expressions corélatives. La densité du mercure, comparée à celle du fluide éthéré, offre peut-être une moindre différence que la densité du fluide éthéré comparée à celle du fluide lumineux, qui lui-même peut-être est mille fois plus dense que quelque autre fluide inconnu. Ne soyons donc pas surpris que le fluide éthéré, qui n'oppose aucun obstacle sensible à la lumière qui le traverse, puisse néanmoins en réfléchir une partie.

Les phénomènes que présente la lumière nous sont peu connus dans leurs causes; mais, de quelque manière que s'opère la réflexion de la lumière, il est certain que ce phénomène existe, et que les molécules des corps ont la propriété de réfléchir les molécules de la lumière.

Les corps, dans tous leurs états, ne sont que des atomes séparés par des intervalles appelés *pores*. Si ces pores sont perméables à la lumière, les corps sont appelés *diaphanes;* mais comme il n'y a point de corps diaphane qui soit invisible, il y a donc dans les corps les plus diaphanes, des atomes qui réfléchissent la lumière; et comme le même atome ne peut à-la-fois la réfléchir et lui ouvrir passage, ces atomes sont véritablement opaques.

Les corps opaques réfléchissent la lumière par une seule surface.

Les corps diaphanes réfléchissent la lumière par un nombre quelconque de surfaces superposées que j'appelle *couches*.

Examinons maintenant ce qui peut augmenter ou diminuer la propriété réfléchissante des corps diaphanes.

Chaque surface réfléchissante est composée de molécules opaques, et d'intervalles perméables tant à la lumière directe qu'à la lumière réfléchie.

Si la surface est la même, et que le nombre des molécules soit augmenté, la surface réfléchira plus de lumière; mais sa diaphanéité sera moindre, et la couche réfléchissante sera moins épaisse.

Le contraire arrivera si le nombre des molécules vient à diminuer; car alors la surface qui réfléchira moins de rayons en laissera entrer et sortir une plus grande quantité.

Dans ce dernier cas, la puissance réfléchissante augmentera au lieu de décroître; car, plus le milieu réfléchissant sera rare, moins il y aura de rayons réfléchis perdus par la rencontre des molécules opaques.

Chaque rayon réfléchi étant un cône dont la molécule réfléchissante est le sommet, il devient évident, en effet, que plus ces molécules seront éloignées l'une de l'autre, moins il y aura de filets du rayon réfléchi qui seront interceptés.

La lumière produite par une couche réfléchissante est croissante à partir de la première surface jusqu'à une certaine profondeur, au-delà de laquelle elle décroît.

Lorsque je vois la première surface, toutes les molécules me doivent leur lumière.

La seconde surface me fournit une somme égale, moins une petite quantité interceptée par les molécules de la première.

Je dois retrancher, sur l'effet de la troisième, une quantité plus grande, et ainsi de suite, jusqu'à la surface qui perd autant de lumière qu'elle en transmet.

Viennent ensuite les autres surfaces qui ajoutent à l'effet total; mais qui, considérées isolément, donnent toujours d'autant moins de clarté qu'elles sont plus reculées, jusqu'à ce qu'enfin l'épaisseur soit assez grande pour intercepter la totalité des rayons réfléchis.

Il en résulte, que lorsqu'un volume d'air d'une surface donnée reçoit une certaine quantité de rayons, il réfléchira toujours la même quantité de lumière, quelles que soient les variations de sa densité, pourvu que la couche réfléchissante augmente d'épaisseur dans la même proportion que la densité décroît.

Si ce volume s'éloigne à une distance double de la première, la clarté qu'il me fournira sera quatre fois moindre. Si je double encore la distance, l'effet sera seize fois moindre, et ainsi de suite en suivant la loi des quarrés.

Il faudra donc, pour que la clarté soit la même, qu'il reçoive à une distance double quatre fois plus de rayons, et à une distance quadruple seize fois plus de rayons.

On obtiendra un résultat semblable, si, au lieu de multiplier les rayons en raison du quarré des distances, on augmente dans la même proportion l'étendue de la surface réfléchissante.

L'identité sera même plus parfaite en ce cas, parce que non-seulement je recevrai la même quantité de lumière, mais que je la recevrai sous le même angle visuel.

Ainsi donc, si à la distance d'une lieue je vois un volume d'air éclairé, qui me donne la surface apparente d'un mètre carré, et qu'à la distance de deux lieues ce volume soit quadruple, j'aurai toujours la même sensation, c'est-à-dire, celle d'un espace lumineux d'un mètre carré, dont la lumière n'a ni aug-

menté ni diminué. Si l'on supposait cette expérience faite dans l'éther qui n'a aucune opacité sensible, le résultat en serait rigoureusement exact, quelque grands que fussent les espaces que l'on doublerait.

Une masse d'air devenu gaz éthéré, ayant conservé les mêmes molécules blanches qui dans les phénomènes du crépuscule nous réfléchissaient la lumière, réfléchira donc dans son nouvel état autant et même plus de lumière qu'auparavant.

Le fluide éthéré, quelque rare qu'on le suppose, est donc propre à réfléchir la lumière?

3.° *Le fluide éthéré doit réfléchir la lumière, d'une manière sensible, lorsqu'il est plus éclairé dans un lieu que dans un autre.*

Il en est, à cet égard, du fluide éthéré comme de notre air. Ce qu'on appelle vulgairement *rayon* n'est autre chose que l'air devenu visible. On voit des rayons dans un appartement, on en voit dans une forêt, on en voit dans les nuages, et le crépuscule est également un air rendu visible.

C'est à la propriété réfléchissante du gaz éthéré que nous devons la douce clarté qui distingue une nuit sereine d'avec les ténèbres absolues. Les étoiles, qui sont des sphères immenses, brillantes de leur propre lumière, sont aperçues à travers un espace immense; mais elles sont à notre égard ce qu'est pour le voyageur, pendant une nuit très-obscure, une bougie aperçue à plusieurs lieues de distance; elle éblouit ses yeux et ne peut guider ses pas. L'étoile qui nous paraît la plus grande et la plus brillante ne produit pas une ombre sensible; Jupiter, qui n'est qu'un corps réfléchissant, est à cet égard plus puissant que Syrius. Défions nous du témoignage de nos yeux; ce qui

brille le plus, n'est pas toujours ce qui éclaire davantage ; l'intensité de la lumière décroît en raison du quarré des distances, et le calcul a prouvé que si le soleil était placé à la distance des étoiles, loin de nous éclairer, il ne serait pas même aperçu.

Ainsi donc, pendant la nuit, chaque molécule du fluide éthéré, qui ne se trouve pas placée dans le cône ombreux de la terre, reçoit et réfléchit une portion de lumière; et la clarté des nuits est, à très-peu de chose près, le résultat de la propriété réfléchissante du fluide éthéré.

Il me reste à prouver, que si, par une cause quelconque, les molécules qui le composent, recevaient une addition de lumière, cette addition les distinguerait à nos yeux et nous donnerait la sensation d'une clarté locale.

Si je supposais au milieu de ce fluide, et à une distance de la terre qui ne fût pas excessive, une lentille diaphane dont le diamètre fût cent fois plus grand que celui de la terre, et qui recevant une quantité de rayons proportionnelle à sa surface, les forçât à converger vers un foyer, on concevrait sans peine que les molécules placées dans ce torrent de lumière pourraient en réfléchir une petite partie vers la terre.

Mais je n'ai rien à supposer à cet égard; l'atmosphère de la comète est la lentille, et sa queue est le torrent.

Les molécules rendues brillantes par cette lumière extraordinaire, sont rares à la vérité; mais le torrent a un million de lieues de largeur, un million de lieues de profondeur, et cent millions de lieues de longueur. Chacune des molécules disséminées dans cette vaste partie du ciel doit son tribut à la terre; et mon œil qui reçoit la lumière réfléchie par toutes

ces molécules, et à qui la nature a donné la propriété de les rassembler sous un angle qui diminue en raison des distances, additionne instantanément toutes ces petites quantités, et en compose un petit spectre dont la forme est semblable à celle du spectre colossal qui s'est manifesté dans les plaines éthérées.

Les molécules de l'air terrestre, auxquelles nous devons le spectacle du crépuscule, occupent un espace de quelques lieues, et elles sont vues à la distance de quelques lieues sous un angle qui leur donne une surface de quelques mètres : les molécules de l'air éthéré, auxquelles nous devons le spectacle de la queue des comètes, occupent un espace de plusieurs millions de lieues, et elles sont vues à la distance de plusieurs millions de lieues sous un angle qui leur donne la longueur de quelques décamètres. Ces deux phénomènes sont semblables dans leur cause, et proportionnels dans leurs effets.

4.° *Les rayons solaires ne peuvent parvenir au point du ciel où se manifeste la queue, qu'après avoir traversé l'atmosphère de la comète.*

Cette proposition est évidente ; car cette atmosphère, la queue et le soleil ont un axe commun ; et la queue dont le diamètre, à sa naissance, est toujours moindre que celui de l'atmosphère cométaire, se trouve, dans cette partie, entièrement plongée dans l'ombre que produirait cette atmosphère si elle était un corps opaque. Les rayons ne peuvent donc parvenir à la queue sans avoir traversé l'atmosphère cométaire ; et dans le fait, ils peuvent la traverser, puisque l'observation a prouvé qu'elle était dia-

phane, et que le noyau, qui seul pourrait les intercepter, n'occupe qu'une très-petite place dans l'atmosphère qui l'environne.

5.° *Les rayons du soleil ne peuvent traverser l'atmosphère cométaire sans converger vers l'axe commun.*

L'atmosphère cométaire est composée d'un gaz plus dense que le fluide éthéré; car il n'y a que son poids seul qui puisse le retenir autour de la comète, et le forcer d'accompagner un astre qui traverse l'espace avec une prodigieuse vitesse.

Cette atmosphère est sphéroïdale; et il m'importe peu de savoir à quel point elle a dégénéré de sa forme primitive; car les lois de l'attraction et l'observation se réunissent, à cet égard, pour me donner la certitude que l'axe de la courbe quelconque qu'affecte la calotte est placé dans la direction du soleil; d'où il résulte que tous les rayons parallèles qui traversent la calotte, si l'on en excepte le seul rayon qui forme l'axe, entrent obliquement d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense.

Or, il est reconnu par tous les physiciens, que les rayons du soleil qui passent d'un milieu plus rare dans un milieu plus dense, y sont réfractés en s'approchant de la perpendiculaire, et que, lorsque ce milieu présente une surface courbe régulière dont l'axe est commun à cette courbe et au soleil, les rayons également éloignés de l'axe éprouvent une réfraction semblable, et se croisent dans un point quelconque de ce même axe.

Les rayons du soleil ne peuvent donc traverser

l'atmosphère d'une comète sans converger vers l'axe commun.

On m'a fait une objection.

L'atmosphère d'une comète est nécessairement composée de couches d'inégale densité, qui toutes jouissent d'un pouvoir réfringent différent. Il serait donc possible, m'a-t-on dit, que l'ordre des densités fût tel, que le rayon, au lieu de converger vers l'axe, divergeât en s'en éloignant.

Je réponds que quand on explique un phénomène, on doit faire abstraction des exceptions et des accidens qui sortent de l'ordre général.

La nature a voulu que les couches des atmosphères fussent disposées entr'elles suivant l'ordre de leur densité. La couche la plus dense doit être celle qui touche le globe auquel elle appartient; car elle est comprimée par le poids de toutes les couches supérieures; et quand on supposerait que l'atmosphère des comètes serait composée de gaz hétérogènes, ce serait une raison de plus pour assurer que ces gaz hétérogènes suivent entr'eux les lois de la gravitation, qui, dans la réunion de plusieurs liqueurs immiscibles, les replace toujours dans l'ordre de leur densité, lorsque la cause de perturbation vient à cesser.

Je suis donc autorisé à supposer qu'en effet les couches de l'atmosphère cométaire sont disposées entr'elles dans l'ordre de leur densité respective.

Mais, comme la puissance réfringente est toujours proportionnelle à la densité, il en résultera que le rayon, au lieu de traverser le milieu réfringent en ligne droite, le traversera par une courbe qui l'approchera sans cesse de la perpendiculaire, et conséquemment de l'axe lui-même.

Le rayon, après avoir traversé le milieu plus

dense, éprouvera, en rentrant dans le milieu plus rare, une nouvelle réfraction qui l'éloignera de la perpendiculaire, mais qui ne l'empêchera pas de rencontrer l'axe au point déterminé par l'effet total de la réfraction.

Cet effet total ne sera pas même proportionnel, comme on pourrait le croire, à la puissance moyenne résultante de la force de toutes les attractions exercées par les couches de diverse densité; il sera proportionnel à la puissance du milieu le plus dense.

Newton a prouvé qu'un rayon partant du vide, et entrant obliquement dans notre atmosphère, y éprouve une réfraction égale à celle qu'il éprouverait si l'atmosphère totale de la terre était partout d'une densité égale à celle de l'air le plus dense.

Si les comètes sont habitées, et que la nature y suive ses lois accoutumées, nous pouvons aisément connaître quelle est la densité de l'air que respirent leurs habitans, car il est facile d'évaluer le plus grand angle de réfraction produit par l'atmosphère cométaire; et puisque nous savons d'ailleurs que le plus grand angle de réfraction produit par l'atmosphère de la terre sur la lumière qui a traversé le fluide éthéré est de 32 minutes, il ne s'agit plus, pour connaître le degré de densité de l'air voisin du noyau de la comète, que de trouver le quatrième terme d'une proportion géométrique dans laquelle trois termes sont connus.

L'air le plus dense d'une comète porte le poids d'une atmosphère dix mille fois plus élevée que l'atmosphère de la terre; et comme c'est cet air le plus dense qui établit la différence comparative entre l'éther et le milieu réfringent, il en résulte que les rayons qui traversent l'atmosphère cométaire doivent y éprouver une très-forte réfraction.

D'après la distance qui séparait l'atmosphère de la dernière comète du commencement de sa queue, l'angle de sa plus grande réfraction ne devait pas être de plus de quatre degrés; d'où il résulterait que la puissance réfringente de l'atmosphère de la dernière comète était à la puissance réfringente de l'atmosphère terrestre, à-peu-près dans le rapport de huit à un.

La connaissance de la densité de l'air des comètes à la surface de leur noyau, nous apprendra quel est le poids total de leur atmosphère, et l'astronomie aura fait un pas de plus.

6.° *Les molécules du fluide éthéré qui se trouvent dans le passage des rayons qui ont été réfractés par l'atmosphère cométaire, sont plus éclairées que les autres molécules du fluide éthéré.*

La proposition est évidente pour toutes les molécules qui se trouvent dans la série des foyers, et même pour celles qui se trouvent au-delà, tant que les rayons qui divergent après s'être croisés n'ont pas atteint un écartement égal au diamètre de la calotte sur laquelle ils sont tombés.

Mais il faut expliquer pourquoi ces molécules se trouvent encore avoir un excès de clarté, lorsque les rayons divergens ont entr'eux un écartement plus grand que le diamètre de l'atmosphère qui a déterminé leur convergence.

Les rayons divergens n'acquerront ce degré d'écartement qu'à une grande distance de la sphère réfringente; et comme ils se trouveront alors placés

hors de son ombre, les molécules qui seront sur leur passage se trouveront éclairées par des rayons parallèles et par des rayons divergens, tandis que les autres molécules ne se trouveront éclairées que par des rayons parallèles.

Leur clarté sera donc double de celle des autres molécules de l'éther.

Mais les rayons divergens continuant leur route en diminuant d'intensité en raison du quarré des distances, l'addition de clarté qu'en recevaient les molécules diminuera dans la même proportion; l'œil cessera de les distinguer, et le phénomène disparaîtra plus tôt ou plus tard, suivant que l'organe de l'observateur sera plus ou moins parfait.

Je crois avoir suffisamment établi les six propositions accessoires sur lesquelles était fondée ma proposition principale; je n'ai pris aucun parti sur les questions susceptibles de controverse; je ne me suis permis aucune hypothèse, et j'ai raisonné d'après des principes généralement adoptés; mon système a donc au moins le mérite de la vraisemblance.

Mais ce qui est vraisemblable n'est pas toujours vrai, et puisque j'ai eu la hardiesse de donner à mon système le nom de découverte, on a le droit d'exiger de moi que j'explique sans hésitation, non-seulement le phénomène principal, mais tous les phénomènes accessoires, et jusqu'à ceux qui avaient été inconnus jusqu'à présent, et qu'une observation plus exacte a fait découvrir lors de l'apparition de la dernière comète. . . . . .

(*Ici se trouvait l'explication des* dix phénomènes *dans les mêmes termes à peu près que ci-dessus page* 248 *et suivantes*).

Il me reste à expliquer quelques autres phénomènes qui ont été observés lors de l'apparition de la dernière comète; phénomènes qui, selon toute apparence, auront été plus ou moins sensibles dans les précédentes, mais qui n'ont pas été décrits par les anciens astronomes, parce qu'ils avaient des instrumens moins parfaits et peut-être moins de patience et d'exactitude que les astronomes actuels.

M. Flaugergues, qui a découvert la comète de 1811, et qui ne l'a pas perdue de vue pendant la longue visite qu'elle nous a faite, a décrit et dessiné les divers aspects sous lesquels elle s'est présentée.

A son arrivée, ce n'était qu'une petite étoile nébuleuse.

En approchant des rayons solaires, la moitié de son atmosphère tournée du côté du soleil était brillante et transparente.

Le récit de M. Flaugergues ne présente jusqu'ici rien d'extraordinaire; mais ce qui suit est très-curieux.

Elle n'avait point de queue. Sa calotte lumineuse, au lieu de se contourner en sphère dans la partie inférieure, était prolongée en s'éloignant de l'axe, et se terminait par une frange dont la lumière décroissait graduellement.

L'intérieur de cette espèce de cloche était extrêmement obscur; on y apercevait cependant un noyau et quelques rayons qui pénétraient à travers la sombre caverne.

Quand la comète a reparu, en s'éloignant du soleil, la forme de la cloche était la même, mais la frange plus prolongée; la comète, qui était entrée sans queue dans les rayons du soleil, en était sortie avec une queue divergente. Cette queue commençait beaucoup au-dessous du noyau, qui était alors plus apparent. On voyait toujours dans l'intérieur

de la cloche un grand espace obscur qui s'élevait jusqu'au dessus du noyau; mais cet espace alors était traversé par des rayons beaucoup plus nombreux.

Le récit de M. Flaugergues a déconcerté les partisans des anciens systèmes, et l'énigme des comètes est devenue pour eux plus inintelligible que jamais.

Lecteur, qui partagez leur étonnement, permettez-moi de mettre sous vos yeux une image sensible de l'étrange vision de M. Flaugergues.

Prenez un verre à patte, à bords évasés; enfilez un pois à cautère, et suspendez-le à un tiers de la hauteur du verre, en partant du fond; collez autour des bords quelques petits bouts de fil blanc; enfumez l'intérieur du verre; placez-vous au-dessous d'une lampe allumée; renversez votre verre, et soutenez-le à la hauteur de vos yeux. Vous aurez acquis par ce moyen une idée assez exacte de la forme sous laquelle la dernière comète est apparue à M. Flaugergues, armé du télescope d'Herschel, au moment où elle allait entrer dans les rayons du soleil.

Prenez ensuite un verre plus grand; disposez-le de la même manière; placez dans son intérieur quelques fils blancs épars, et que l'un de ces fils prolongé soutienne hors du verre quelques flocons de coton. Vous aurez vu la comète de M. Flaugergues, au moment où elle est sortie des rayons du soleil.

Voulez-vous enfin avoir une idée juste de la manière dont M. Flaugergues fait mouvoir sa comète. Ayez un fil d'un décimètre de longueur; attachez à l'un des bouts de ce fil une balle de plomb, et à l'autre une petite houpe de duvet de cigne, fixez la balle sur le bourrelet d'un volant garni de ses plumes;

lancez ce volant horizontalement; et figurez-vous, qu'au milieu de sa course et sans rencontrer aucun obstacle, le volant se retourne de lui-même, et continue sa route avec la même vitesse, le duvet en avant et la balle en arrière. La marche réelle du volant est celle de la comète de M. Flaugergues avant le périhélie, et sa marche imaginaire est celle de la même comète après le périhélie.

Les sphères, contenues dans leurs orbites, et variant leurs aspects d'après des lois invariables, faisaient entr'elles un doux échange de lumière. Un monstre, sorti des profondeurs de l'abîme, a troublé leur divine harmonie. Il s'est élevé d'un orient inconnu; il a franchi les barrières du zodiaque. Ce n'est point un météore passager; c'est un astre véritable, mais un astre ennemi du jour. Plongé dans d'éternelles ténèbres, il tournoie au fond d'un vaisseau renversé dont la carène lui sert de bouclier contre les flèches du soleil, et dont le mât, prolongé jusqu'aux extrémités du ciel, n'est composé que d'exhalaisons enflammées.

Si telle est la forme des comètes, si tel est leur mouvement, la nature a cessé d'être semblable à elle-même; je ne reconnais plus la sagesse de Dieu dans ses œuvres; et devenu blasphémateur par nécessité, je me vois forcé de croire qu'il n'est pas le seul maître de l'univers, et que c'est son rival qui lance de temps en temps une comète parmi les mondes comme un signe effrayant de sa puissance désorganisatrice.

On aurait tort cependant de me soupçonner l'intention de nier des faits attestés par un observateur attentif, qui ne peut ni s'être trompé, ni avoir voulu nous tromper. Je n'ai pas le plus léger doute sur la vérité du récit de M. Flaugergues; et je pense même

que ce qu'il a vu n'est pas une singularité, et que toutes les comètes qui ont paru et qui paraîtront, doivent présenter, dans les mêmes circonstances, les mêmes phénomènes, à peu de chose près.

Mais M. Flaugergues, qui a mieux observé qu'aucun de ses prédécesseurs, n'a tiré aucune conséquence des faits qu'il a observés; et c'est la faute de ses lecteurs, s'ils ont tiré de ses observations une conclusion contraire à la vérité.

L'atmosphère des comètes est en grand ce qu'est en petit l'atmosphère de la terre. Elle pèse vers le globe dont elle est émanée, et sa densité en compose une sphère dont la comète est le centre.

Or, quatre causes seulement peuvent altérer cette forme; savoir :

1.° Le mouvement de la comète, qui fait avancer le noyau sur son rayon de direction;

2.° La résistance du fluide éthéré, qui peut comprimer la portion de la sphère placée dans la direction du mouvement;

3.° La gravitation de l'atmosphère vers un autre astre, qui doit ovaliser la partie de cette atmosphère la plus voisine de cet astre;

4.° Enfin, la chaleur produite par cet astre, qui doit donner plus d'amplitude à l'hémisphère tourné de son côté.

De quelque manière que l'on combine ces quatre causes, il n'en peut résulter ni la conversion d'une sphère en un vase creux dont le sommet, quel que fût le mouvement de la comète serait toujours tourné vers le soleil; ni la formation d'une colonne s'éle-

(1) Voyez la *fig.* 4, dans laquelle on a figuré la comète avant et après son périhélie. M. Flaugergues, qui l'a découverte, est un célèbre astronome français, demeurant à Viviers, département de l'Ardèche.

vant du milieu de ce vase et fuyant le soleil.

Et, puisqu'ici les lois de la mécanique sont en défaut, il faut bien recourir aux lois de l'optique pour expliquer des phénomènes qui, sans elles, seraient inexplicables.

J'ai prouvé qu'il existait un fluide éthéré dont les molécules nous réfléchissaient pendant la nuit la lumière qu'elles reçoivent du soleil.

En parcourant cet espace immense uniformément éclairé, nos yeux ne peuvent être frappés que d'une différence en moins ou en plus.

Si la différence en moins était telle qu'une portion du ciel fût tout-à-coup privée de lumière, nous la distinguerions sous la forme d'un nuage noir.

Si la différence était en plus, nous la distinguerions sous la forme d'une clarté plus ou moins vive.

Mais la différence en plus peut avoir lieu de deux manières.

Ou parce que la portion de l'espace où se manifeste la clarté contient plus de molécules réfléchissantes ;

Ou parce que la même quantité de molécules réfléchissantes y reçoit une plus grande quantité de lumière.

C'est par la première de ces raisons que nous apercevons la lune et les planètes.

C'est par la seconde que nous distinguons dans l'éther la voie lactée et les nébuleuses.

Essayons maintenant de nous rendre compte de ce qui doit être vu lorsqu'une comète s'approche à une certaine distance du soleil.

La partie supérieure de l'atmosphère d'une comète, quoique éclairée par le soleil, ne doit pas être vue, parce qu'elle ne contient pas une assez grande quantité de molécules réfléchissantes pour être distinguée du fluide éthéré.

Mais, à une certaine profondeur, la densité croissante rapproche les molécules; la différence devient sensible, et elle le devient d'autant plus que la densité augmente davantage.

La lumière sensible que cette atmosphère nous réfléchit est donc croissante jusqu'à un certain degré; et ce degré est celui où les surfaces superposées de molécules réfléchissantes sont assez multipliées pour intercepter la moitié de la lumière réfléchie par les surfaces plus reculées; la lumière alors va en décroissant, et finit par être insensible. Cette couche lumineuse forme l'épaisseur de la calotte observée par M. Flaugergues.

La calotte doit affecter la même forme que l'atmosphère à laquelle elle appartient; et la forme que lui donne cet observateur est en effet celle d'un segment sphéroïdal.

Cette portion d'atmosphère rendue visible à cause de sa densité, étant diaphane, nous devons apercevoir en même temps la partie de la calotte tournée de notre côté, et la partie opposée dans laquelle M. Flaugergues a dû observer quelque diminution de lumière.

Les rayons du soleil, en traversant la partie la plus perpendiculaire, et conséquemment la plus perméable de l'atmosphère cométaire, parviennent jusqu'au noyau qui, en sa qualité de corps opaque, contient, sous un même volume, une plus grande quantité de molécules réfléchissantes que n'en contient le gaz qui l'environne. Il nous réfléchira donc la lumière d'une manière sensible, car c'est une véritable planète; mais comme cette planète a une atmosphère très-étendue, elle recevra et réfléchira moins de lumière que les autres, et cette lumière sera pâle et colorée.

Jusqu'ici nos yeux ne nous ont pas trompé, et

nous avons vu les choses telles qu'elles étaient à peu de choses près; mais défions-nous désormais de leur témoignage, et ne nous laissons pas abuser par des fantômes.

Tout rayon qui, après avoir traversé un milieu plus rare, tombe sur une sphère plus dense et diaphane, la traverse lorsque le degré d'obliquité n'est pas assez considérable pour l'empêcher d'y pénétrer; mais en la traversant il se brise, et se dirige vers l'axe commun de cette sphère et du soleil.

Au-delà d'un certain degré d'obliquité, le rayon ne pénètre dans la sphère qu'à une certaine profondeur, et il en sort en suivant une direction qui l'éloigne d'autant plus de la sphère, que l'obliquité a été moins grande.

J'ai supposé (*fig.* 2) que la série des rayons qui peuvent pénétrer dans la sphère, s'étendait depuis l'axe jusqu'au rayon R' et que les rayons qui tombent au-delà du point B devaient être réfléchis.

Soit V M le premier des rayons qui tombe sur un plan trop oblique pour pouvoir traverser l'atmosphère cométaire; ce rayon sera réfléchi en X, parce qu'il doit former, avec le demi-diamètre N M perpendiculaire au plan d'incidence, un angle de réflexion XMN, égal à l'angle d'incidence VMN.

Tous les rayons qui tomberont au-dessous de M, jusqu'en T, seront également réfléchis; mais ils s'éloigneront moins de la sphère, et formeront une gerbe de rayons divergens qui continueront leur route dans l'espace renfermé entre la tangente M H, et la sécante MX.

C'est à ces rayons réfléchis qu'est dû le phénomène de la *frange*, qui n'avait point été observé avant M. Flaugergues.

Cette frange se trouve liée à la calotte, et tellement liée qu'il doit être très-difficile de distinguer le

point où elle commence; et elle se termine comme la queue, mais par une dégradation de lumière beaucoup plus brusque.

Il est aisé de prouver, que la chose doit être ainsi.

Les molécules réfléchissantes doivent être apparentes toutes les fois qu'elles reçoivent une plus grande quantité de lumière. Nous venons de prouver que les molécules renfermées entre la ligne MX et la ligne MH, étaient éclairées par des rayons réfléchis; mais il est évident qu'elles sont éclairées en même temps par les rayons émanés directement du soleil; elles sont donc doublement éclairées, et dès lors elles doivent devenir visibles.

Deux raisons doivent rendre les franges beaucoup plus courtes que les queues, et y faire décroître plus brusquement la lumière.

Les queues sont composées de rayons convergens et de rayons divergens, et les angles opposés de divergence et de convergence sont très-petits.

Les franges ne sont composées que de rayons divergens et dont l'angle de divergence est beaucoup plus grand que celui des rayons divergens qui composent l'extrémité des queues.

En second lieu, le phénomène de la queue se manifeste dans un fluide d'égale densité, et le phénomène de la frange se manifeste dans un fluide de densité décroissante.

La couche de l'atmosphère cométaire qui précède immédiatement la couche visible, est d'une densité peu différente, et il ne lui a manqué, pour devenir visible, qu'une petite addition de lumière; or, c'est précisément cette couche qui est la plus éclairée, parce qu'elle se trouve au sommet de la frange où les rayons réfléchis sont plus rapprochés les uns des autres.

Il doit résulter de ces deux causes réunies, que

les franges seront toujours beaucoup plus courtes que les queues, et que la dégradation de la lumière y sera plus rapide.

Quoique la frange soit formée de rayons divergens, elle ne doit pas paraître creuse comme les extrémités des queues.

Dans les cônes superposés dont se compose l'extrémité des queues, les bords seuls sont éclairés, et le centre ne l'est pas.

Mais la frange, au contraire, est plus éclairée dans son milieu que vers ses bords, parce que c'est vers le milieu de l'épaisseur de la frange que les rayons réfléchis sont le plus rapprochés; circonstance qui donne à la frange un rapport de plus avec la partie de la calotte dont elle est la terminaison, et qui rend d'autant plus difficile de distinguer le point où la calotte finit, de celui où la frange commence.

Les autres phénomènes observés par M. Flaugergues s'expliquent avec la plus grande facilité.

Il n'est pas étonnant que la comète n'ait paru avec une queue qu'après le périhélie.

Dans le premier moment où elle a ressenti l'impression de la chaleur, il a dû s'élever de la surface du noyau d'épaisses exhalaisons qui ont diminué sa diaphanéité, et les rayons, absorbés par une atmosphère brumeuse, n'ont pu la traverser.

Mais la continuation et l'augmentation de la chaleur solaire ont dû, en agrandissant l'atmosphère, atténuer et diviser les vapeurs qui diminuaient sa transparence. La surface du noyau, plus desséchée, a dû en produire une moins grande quantité après le périhélie; elles ont dû être moins denses, et s'élever à une plus grande hauteur : l'atmosphère cométaire a donc dû dès lors livrer un plus libre passage à la lumière, et la queue s'est manifestée.

La même raison explique pourquoi l'intérieur de

la cloche était plus obscur et le noyau moins visible avant qu'après le périhélie.

La séparation notable, qui a été remarquée entre la comète et la queue, provenait du peu de puissance réfringente de l'atmosphère cométaire.

Quant à la distribution de la lumière et des ombres, telle que l'a remarquée M. Flaugergues, elle résulte de la division qui s'est opérée entre les rayons tombés sur la calotte, dont les uns ont été réfractés et les autres réfléchis.

Entre le dernier des rayons réfractés BF' et le premier des rayons réfractés AF, le rapprochement graduel des rayons réfractés doit produire une clarté croissante jusqu'au point où se manifeste la queue.

Entre le premier des rayons réfléchis MX, et la tangente TH, il doit y avoir une lumière double de la lumière générale, à cause du croisement des rayons réfléchis et des rayons directs qui produit le phénomène de la frange.

Mais tout l'espace compris entre la tangente TH et l'arc TB, d'un côté, et de l'autre le rayon réfracté BF', doit être complètement obscur, puisqu'aucun rayon ne peut y parvenir. Il n'est donc pas étonnant que M. Flaugergues ait vu dans l'intérieur de la cloche un espace obscur, tant au-dessous qu'au-dessus du noyau, et qu'il ait remarqué au-delà de cet espace des rayons qui le traversaient et qui étaient eux-mêmes séparés de la paroi opposée de la cloche par un autre espace obscur, semblable au premier, et occasionné par les mêmes causes.

Je prie, au surplus, ceux de mes lecteurs qui n'ont qu'une demi-confiance dans les raisonnemens les plus concluans, de vouloir bien faire l'expérience suivante dans un appartement exposé au levant ou au couchant, lorsque le soleil sera éloigné d'une heure ou deux de l'horizon.

Ayez un globe de verre que vous remplirez d'eau, et après avoir fermé les volets où vous aurez pratiqué un trou un peu plus grand que le diamètre du globe, suspendez ce globe près du trou et faites voler de la poudre dans l'appartement.

Cet appareil vous donnera simultanément les deux phénomènes de la queue et de la frange, et l'expérience sera peut-être plus curieuse encore si vous la faites au clair de la lune ou à la lueur d'une bougie.

Vous pourrez y reconnaître le mélange d'ombre et de lumière indiqué *figures* 2 et 4, et il ne tiendra même qu'à vous d'avoir une comète complète, en suspendant au centre de votre globe, mais un peu de côté, une boule de buis.

Pour bien observer la frange, vous intercepterez la queue avec une calotte de papier noir, mouillée et collée sur le globe.

Pour observer la queue, vous intercepterez la frange, en diminuant le trou du volet par un diaphragme de carton; et pour vous rapprocher davantage de la vérité, vous éloignerez le foyer de convergence, à l'aide d'un verre concave.

Si vous vous placez alors dans le fond de votre appartement, du même côté que la boule de buis, vous verrez tous les phénomènes observés dans les queues de comètes, à l'exception de la *déviation.*

J'ai rempli la tâche que je m'étais imposée, et tous les phénomènes anciens ou modernes se trouvent expliqués.

Peut-être aurais-je dû me contenter de prouver que mon système était une véritable découverte, et ne pas l'annoncer moi-même par le titre de l'ouvrage. Mais en lui donnant un titre plus modeste, j'aurais manqué mon but, qui était de provoquer une discussion rigoureuse. On eût pu, en effet, avoir

quelque indulgence pour une idée présentée comme une simple hypothèse; mais, lorsqu'un homme qui n'a rendu aucun service à la science, ose se présenter comme ayant résolu un problème dont tant de philosophes se sont vainement occupés, et que Newton lui-même n'a pu résoudre, un tel excès d'audace doit être réprimé, et le silence en pareil cas deviendrait l'équivalent d'un acquiescement. . . . . .

. . . . . .

Le développement que j'ai donné à la discussion a dû porter la conviction dans les esprits les plus rétifs; j'ai donc lieu d'espérer que tous les hommes de bon sens se réuniront à moi pour détromper le peuple, qui ne doit voir désormais dans la queue des comètes que le moins inquiétant de tous les feux d'artifice, et dans le nuage de feu qui les environne, qu'un air semblable au nôtre. Le noyau auquel je les ai réduites ne doit pas être bien dangereux; il obéit dans sa course vagabonde aux lois que lui a imposées l'éternel géomètre qui a dû pourvoir à ce que les globes, ouvrage de ses mains, ne se brisassent pas par un choc imprévu; et s'il existait des raisonneurs assez mal organisés pour attribuer au hasard la formation de l'univers, ils doivent eux-mêmes se rassurer en songeant qu'il y a cent millions de fois plus de chances pour qu'un vaisseau, voguant sur la vaste mer du sud, soit abordé pendant la nuit par un autre vaisseau, qu'il n'y en a pour que le noyau d'une comète s'approche de la terre à une distance telle qu'il puisse en résulter une marée extraordinaire.

Cessons donc de redouter l'apparition des comètes, regrettons seulement qu'elles ne viennent pas plus souvent dérider la sévère majesté des nuits, et réjouir nos yeux par la présence de l'astre favori du soleil, qui seul reçut de lui le droit de se parer de ses

rayons, et qui, variant les formes de cette riche parure, en compose à son gré, tantôt une aigrette argentée, tantôt une barbe vénérable, tantôt une draperie flottante, tantôt enfin l'aiguille d'albâtre avec laquelle il trace sur l'immense cadran de la voûte azurée le simulacre des heures et prophétise à l'homme la naissance du jour.

EXPLICATION RAISONNÉE

DES FIGURES.

Inflexion Lorsqu'on fait passer un rayon de lumière B très-près de l'arrête d'un prisme, elle s'infléchit et produit un angle d'un degré 19 minutes (*figure* 11). Cet angle est trop peu sensible pour permettre de distinguer les couleurs; mais lorsque la durée de l'inflexion est prolongée, ce qui a lieu lorsque la lumière passe à une petite distance de la surface de la terre ou du sommet d'une montagne, l'inflexion suffit pour les manifester. C'est en grande partie à l'inflexion qu'est due la projection du violet et du pourpre à l'horizon vers l'ouest avant le lever du soleil, et vers l'est après son coucher; et Bouguer a remarqué, que l'ombre du Pichincha qui se projetait sur les nuages, était couronnée par un arc-en-ciel qui avait le rouge en dehors : phénomène qui ne pouvait être dû qu'à la prolongation de la puissance attractive du sommet de la montagne sur les rayons qui s'en étaient approchés.

Réflexion. Les rayons, avant d'être réfléchis, pénètrent toujours dans l'intérieur du corps réfléchissant (*figure* 15). Ils s'infléchissent avant d'y pénétrer, et le violet est toujours la couleur qui pénètre à la plus grande profondeur. Les couleurs, après s'être écartées jusqu'au sommet de la courbe, se rapprochent, et lorsqu'elles

émergent, l'inflexion qui a lieu en sens contraire achève de les réunir et de former le blanc. L'angle d'incidence est toujours moins aigu que l'angle de réflexion ; mais cette différence ne devient sensible que lorsque le corps réfléchissant est sphérique ou cylindrique. J'en ai dit la raison (page 57).

Réfraction. Dans la réfraction (*figure* 16), l'inflexion d'incidence et l'inflexion d'émergence ayant lieu dans le même sens, l'écartement des couleurs les rend très-apparentes. Le rouge R est toujours alors la couleur qui s'écarte le moins de sa route primitive, et le violet V la couleur qui s'en écarte le plus.

Diffraction. Lorsque l'inflexion fait tomber le rayon sur l'arrête même du prisme, ou ce qui revient au même sur l'extrême bord d'un très-petit cylindre, ou d'une très-petite sphère (*figure* 13), l'amplitude de la courbe décrite par le violet V dans l'intérieur de ce corps est cause qu'en sortant il se trouve beaucoup moins incliné que le rouge R au plan d'émergence. Le rouge qui, à cause de sa grande obliquité, éprouve une inflexion plus forte, croise le violet, et l'ordre naturel des couleurs est renversé. Lorsqu'un rayon introduit dans la chambre noire, rencontre un cheveu ou un fil de métal très-mince, il se produit ordinairement trois spectres colorés de chaque côté de l'ombre de ce cheveu ou de ce fil. Ces trois spectres se manifestent du coté opposé à celui où se trouvent les trois rayons qui les produisent ; et le plus éloigné des trois spectres est toujours produit par le plus extérieur des trois rayons diffractés. Le rayon P (*figure* 12) devient le spectre S, le rayon P', le spectre S' et le rayon P'', le

spectre S'', parce que le plan d'émergence se trouve plus oblique au rayon P'' qu'au rayon P' et au rayon P', qu'au rayon P. La même cause qui produit le croisement des trois rayons, produit aussi le croisement des couleurs de chacun d'eux (*figure* 13).

Le croisement des couleurs ne produit pas toujours le renversement de leur ordre naturel. Si un rayon blanc tombait perpendiculairement sur le plan d'un prisme, il n'y aurait pas de croisement, et l'obliquité du plan d'émergence infléchirait le rayon de manière à ce que le violet fût plus infléchi que le rouge ; mais le même effet a lieu (*figure* 14), quoique le rayon incident soit un peu incliné du coté opposé au spectre parce que, dans ce cas, le violet V qui d'abord avait été un peu dévié vers l'angle aigu étant plus dévié par le plan d'émergence que par le plan d'iucidence, passe du côté opposé, en croisant le rouge R. Les couleurs conservent donc leur ordre naturel ; mais elles sont plus rapprochées et moins distinctes qu'elles ne l'auraient été, si le rayon incident B eût été perpendiculaire, ou, à plus forte raison s'il eût été incliné du coté du spectre.

Arc-en-ciel. Lorsque les gouttes d'eau dont un brouillard se compose, ont un diamètre suffisamment grand, elles absorbent les couleurs qui auraient produit les spectres de la diffraction. Chacune d'elles accomplit dans l'intérieur de la goutte, une courbe particulière, d'autant plus ample que le diamètre de la goutte est plus grand ; et cette courbe embrasse toujours à-peu-près le même nombre de degrés de la circonférence du sphéroïde. Le rayon colorant sort alors de la goutte par un plan d'émergence assez oblique pour forcer un

partie du rayon à rentrer dans le sphéroïde, où il décrit une courbe de même nature, qui le dirige vers un plan d'émergence semblable au premier; et c'est à la continuation indéfinie de cet effet, que j'attribue la régularité des arcs-en-ciel, l'ordre alternatif dans lequel les couleurs s'y manifestent suivant que la diffraction qui les produit part du sommet supérieur ou du sommet inférieur de la goutte, et l'affaiblissement graduel des couleurs lorsqu'il paraît plusieurs arcs-en-ciel à-la-fois.

Couronnes et coloration des astres. Lorsque les rayons tombent en deçà de l'extrême bord de la goutte (*fig.* 15), ils sont réfléchis; et ils continuent de l'être jusqu'à un certain degré de diminution d'obliquité, passé lequel ils sont réfractés (*figure* 16).

Si les gouttes sont inégales en grosseur, ce qui est le cas le plus ordinaire, les couleurs produites par la réfraction se croiseront en tous sens, et il en résultera du blanc.

Si les gouttes sont égales et qu'elles soient d'un diamètre assez grand pour absorber et disperser les couleurs diffractées, il y aura une couronne colorée due à la réfraction, dans laquelle le rouge sera en dehors (*figure* 16).

Si, dans ce cas, le diamètre de la goutte a le degré de petitesse convenable pour absorber les rayons les plus fortement réfractés, leur circulation semblable à celle des rayons diffractés, pourra produire une seconde et même une troisième couronne plus faibles que la couronne intérieure, mais dans lesquelles le rouge sera également en dehors, parce que, dans tous les cas, après le croisement qui s'opère au foyer de chaque

goutte, le spectre colorant qui s'élargit indéfiniment, ne manifeste le rayon rouge qu'après avoir manifesté tous les autres (*figure* 16).

Quant à la grandeur du diamètre des couronnes, elle doit être variable comme la hauteur à laquelle se trouve le brouillard réfringent qui produit le phénomène; plus il sera élevé, plus la couronne sera voisine de l'axe qui passe par le centre du soleil ou de la lune et par l'œil de l'observateur; et les couleurs seront d'autant plus écartées entr'elles que le brouillard sera moins élevé.

Si les gouttes (*figures* 12 *et* 13) ont un très-petit diamètre, les couleurs de la diffraction seront transmises en abondance, elles prédomineront sur celles de la réfraction qui seront dispersées; l'astre paraîtra d'un jaune rougeâtre, parce que le rouge, et après lui le jaune, sont les couleurs dominantes dans les spectres de la diffraction; et s'il se manifeste alors une ou plusieurs couronnes, le rouge sera toujours en dedans, parce que la diffraction n'a jamais lieu sans renverser l'ordre naturel des couleurs.

Si, dans ce cas, le brouillard est très-dense, le spectre S qui contient à-peu-près toutes les couleurs, mais dont les rayons sont les moins rapides, parce qu'ils ont été les moins déviés, sera le premier intercepté; et si le spectre S", dans lequel le rouge est la seule couleur dominante (336) et dont les rayons sont les plus rapides, est le seul transmis, l'astre paraîtra rouge.

Double réfraction. Un cône lumineux partant d'un point éloigné, est composé de rayons faiblement divergens et qu'on suppose parallèles. Deux de ces rayons parallèles

P et E tombent perpendiculairement sur la surface d'un cristal rhomboïdal (*figure* 8), composée d'une infinité de cristaux rhomboïdaux invisibles et qui ne se touchent pas. Le rayon P tombe sur une facette perpendiculaire de l'un de ces petits cristaux, et continue sa route en ligne droite. Mais le rayon E qui tombe sur une de leurs facettes obliques, est dévié brusquement jusqu'en E', et ce rayon brisé n'arrive en E', qu'après avoir perdu dans le trajet une partie de sa vitesse primitive. La petite facette oblique par laquelle il émerge ne doit donc pas lui rendre sa direction primitive, mais elle doit exercer sur lui, à cause de sa moindre vitesse, un excès d'attraction qui l'infléchit vers le rayon P : rayon qu'il rencontre au point A où se trouve placé l'œil de l'observateur. Celui-ci doit dès lors voir deux fois le même point lumineux ; savoir : en M où le point est plus brillant et plus rapproché, et en M' ou le point est à-la-fois plus obscur et plus éloigné.

Si deux cristaux rhomboïdaux de même épaisseur étaient surperposés, de manière à s'opposer réciproquement leurs faces inclinées (*figure* 9), la double réfraction n'aurait pas lieu.

Dans ce cas, le rayon E, après être entré dans le premier cristal par la facette oblique F, en sort par la facette oblique F' qui le dévie d'une certaine quantité vers le rayon perpendiculaire PP'. Il entre alors obliquement dans le second cristal par la facette oblique D qui le dévie encore davantage vers le rayon perpendiculaire PP' ; mais en traversant le second cristal, il perd une partie de sa vitesse, égale à celle qu'il a perdue en traversant le premier cristal. La facette d'émergence D'

qui le dévie en sens contraire, mais avec plus de puissance à cause de la diminution de sa vitesse, doit donc détruire, non-seulement l'effet produit par la facette d'incidence D, mais encore l'effet produit par la facette d'émergence F'. Le rayon émergent E' doit donc dès lors se trouver avec le rayon émergent P' dans le même rapport de direction qui existait entre le rayon incident P et le rayon incident E; d'où il résulte que l'œil qui voit l'objet à travers les deux cristaux, comme il l'aurait vu sans l'interposition d'un corps diaphane, ne doit pas le voir double.

Polarisation. Toutes les fois que le fil lumineux est retardé dans sa route, il se rompt; les globules de la lumière, devenus des projectiles isolés, tournent alors sur leur axe, comme tous les projectiles qui se meuvent à travers des obstacles. L'attraction moléculaire qui s'exerce dans toutes les directions, ne peut déterminer la rotation du globule dans un sens plutôt que dans un autre; mais l'inégale résistance du calorique dont l'effet s'exerce à-peu-près dans une direction perpendiculaire à la ligne du mouvement impulsif, détermine la position la plus ordinaire de l'axe qui se trouve à-la-fois perpendiculaire, et à la direction de cette résistance, et à la direction du mouvement impulsif.

Si le globule G (*figure* 10), dont l'axe de rotation est placé dans la direction de l'est à l'ouest, et qui se meut verticalement de D en M, tombe sur une glace dépolie, inclinée sous un angle rigoureusement suffisant pour le réfléchir vers le nord ou vers le sud, ce même angle ne sera plus suffisant pour le réfléchir vers l'est ou vers l'ouest.

Le pouvoir réfléchissant, quoique le même dans les deux cas, n'agit, dans le premier cas, que sur le globule seul, et ne produit aucun effet sur l'axe du globule qui reste toujours perpendiculaire à la ligne du mouvement impulsif; mais, dans le second cas, le pouvoir réfléchissant agit non-seulement sur le globule, mais encore sur son axe qui, pour devenir perpendiculaire à la nouvelle direction du mouvement impulsif, ne doit plus être l'axe A, mais l'axe A'. Or, ce changement dans l'axe ne peut s'opérer qu'autant que le globule G deviendra le globule G'; et, pour devenir le globule G', le globule G doit faire un quart de tour et s'avancer dans la direction de son précédent mouvement impulsif d'une quantité égale au moins (1) à son demi-diamètre. La puissance réfléchissante qui n'était pas accélérante, lorsqu'elle dirigeait le globule vers le nord ou vers le sud, devient donc accélérante lorsqu'elle le dirige vers l'est ou vers l'ouest; et c'est précisément l'accélération que reçoit alors le globule qui lui permet d'échapper au pouvoir attractif et de continuer sa route.

Crépuscule, faux crépuscule et lumière zodiacale. La figure 7 est relative à ces trois phénomènes.

Le soleil inonde de rayons parallèles l'hémisphère éclairé de la terre T. Une partie de ces rayons, figurée par le faisceau R, déborde l'horizon et se projette dans l'hémisphère de la nuit où elle devient visible à cause de la propriété réfléchissante de l'air.

---

(1) Je dis *au moins*, parce que le globule résiste, par son inertie, au déplacement de son axe, et que l'accumulation de mouvement qui résulte de cette résistance, doit l'entraîner plus près du point M que ne l'est le globule G'.

Si l'interruption momentanée de la circulation des vapeurs équatoriales a occasionné dans la haute région de l'air la formation d'un brouillard réfringent, les rayons du faisceau R éprouveront, en traversant ce brouillard, une réfraction accidentelle qui détruira en partie l'effet de leur divergence. Les rayons C du crépuscule ordinaire deviendront les rayons F du faux crépuscule dont la lumière plus dense sera réfléchie d'une plus grande hauteur, et la lumière crépusculaire pourra se prolonger pendant toute la durée de la nuit.

Si ce brouillard réfringent placé à quelque distance en avant ou en arrière de l'axe commun de la terre et du soleil est fortement hydrogéné, et dès lors semblable à ceux qui produisent les phénomènes lumineux observés sur les montagnes du Pérou (346), la réfraction pourra être assez forte pour ramener les rayons divergens C à une faible convergence, et elle produira la pyramide zodiacale Z qui, comme le crépuscule C et le faux crépuscule F a toujours son axe dans le plan du cercle diurne, ou à peu de chose près.

Aurore boréale. (Voyez ci-dessus dans le chapitre de l'aurore boréale l'explication de la figure 6).

Queue des Comètes. (Voyez ci-dessus, dans le chapitre de la lumière cométaire, l'explication des figures 1, 2, 3, 4, et 5).

FIN DE L'EXPLICATION DES FIGURES.

Lorsque M. Berthollet découvrit que l'oxigène se combinait de nouveau avec l'acide muriatique, et formait avec lui une liqueur verdâtre qui avait des propriétés particulières, il dut en conclure que le principe inconnu de l'acide muriatique, semblable à cet égard à quelques autres corps, se combinait avec l'oxigène en diverses proportions, et il fut confirmé dans cette présomption lorsqu'il vit que la liqueur verdâtre à laquelle il avait donné le nom d'*acide muriatique oxigéné*, se combinait elle-même avec l'oxigène, et formait avec lui une liqueur d'une couleur plus foncée qui manifestait de nouvelles propriétés. Dans ce dernier état, l'acide muriatique avait reçu de M. Bertholet le nom d'*acide muriatique suroxigéné*; il se combinait dans ces trois états, avec les oxides, et formait avec eux des sels différens auxquels on donnait les noms de *muriates*, de *muriates oxigénés* et de *muriates suroxigénés*.

Les chimistes français avaient fondé une société connue sous le nom de *société d'Auteuil*, à laquelle chacun d'eux rendait compte de ses travaux particuliers. MM. Gay-Lussac et Thénard, qui avaient fait sur l'acide muriatique oxigéné diverses expériences desquelles il résultait qu'il n'existait aucun moyen de reconnaître dans ce corps la présence de l'oxigène, lurent en 1809 un mémoire dans lequel ils proposaient de considérer l'acide muriatique oxigéné, comme un corps simple qui se dégageait au moment où l'oxigène s'emparait de l'hydrogène auquel il était uni dans son état d'acide muriatique. Les faits s'expliquaient aussi bien dans cette hypothèse que dans la précédente; mais comme elle n'était pas indispensable et qu'elle altérait la simplicité de la théorie, M. Bertholet engagea MM. Gay-Lussac et Thénard à ne l'énoncer qu'avec beaucoup de réserve.

M. Gay-Lussac, dans ses cours à l'école polytechnique, présentait donc à ses élèves les deux théories; mais il incli-

nait toujours pour la dernière qui lui paraissait la plus vraisemblable.

Elle fut d'abord adoptée par MM. Dulong et Dampierre.

M. Davy l'adopta ensuite; il l'appuya de nouvelles expériences, et lui donna une plus grande publicité. Ce fut lui qui changea le nom de l'*acide muriatique oxigéné* en celui de *chlore*. M. Thénard adopta cette nomenclature dans son traité de chimie; mais il y réclama pour lui et pour M. Gay-Lussac la priorité de l'idée, en observant toujours que l'existence du nouveau corps simple, n'était pas encore suffisamment démontrée pour qu'il en résultât la nécessité de changer l'ancienne théorie.

La découverte de l'*iode*, due à M. Courtois (1), et les travaux récens de M. Gay-Lussac sur les singulières propriétés de ce nouveau corps ont donné le plus grand poids à la théorie de MM. Gay-Lussac et Thénard ; car il en est résulté que l'iode, ainsi que le soufre, devenaient acide en se combinant avec l'hydrogène, et l'on n'avait plus dès lors le droit de s'étonner que l'acide muriatique ne fût en effet autre chose qu'une combinaison de chlore et d'hydrogène.

Ce perfectionnement de la théorie chimique vient à l'appui de la doctrine fondamentale de mon livre où je pose en principe qu'il n'existe dans les corps aucune propriété absolue, mais de simples nuances qui les rendent plus ou moins propres à remplir certaines fonctions, suivant que leurs

---

(1) L'iode est un coprs d'un gris noir. Il est combustible; mais la chaleur le convertit en une vapeur d'un très-beau violet. La densité de cette vapeur, à une température de 17°, est à celle de l'air atmosphérique, comme 4,948 est à 1,000; c'est-à-dire, qu'elle est à-peu-près cinq fois plus grande. M. Gay-Lussac, en la comparant à celle de l'hydrogène, l'a trouvée dans le rapport de 117,71 à l'unité.

molécules intégrantes se rapprochent davantage ou d'une certaine forme ou d'une certaine densité.

Il y a lieu de présumer, par exemple, qu'il existe peu de dissemblance entre les séries de molécules dont se compose l'iode et les séries de molécules dont se compose le chlore. L'odeur de ces deux corps, qui est à-peu-près la même, est seulement plus faible dans l'iode; aucun de ces deux corps ne se combine directement avec l'oxigène; et lorsqu'ils sont combinés avec lui, ils forment deux acides puissans. Tous deux deviennent également acides en se combinant avec l'hydrogène; tous deux peuvent se combiner avec l'azote; et tous deux, enfin, forment, dans ce dernier état un corps fulminant (1).

---

(1) Il a paru vraisemblable à M. Gay-Lussac, que les poudres fulminantes que l'on compose avec les métaux, tels que l'or, l'argent et le mercure, corps qui, comme l'iode et le chlore, n'ont qu'une très-faible affinité avec l'oxigène, résultaient également d'une combinaison de l'azote avec ces métaux. Ce savant nous apprend « que les corps fulminans se décomposent en corps simples en produisant chaleur et lumière »; et il est également reconnu par les chimistes, que, dans les combinaisons d'où résultent les corps fulminans, il ne se dégage pas de calorique. Les corps fulminans forment dès lors une exception à la règle générale que j'ai établie, et de laquelle il résulte que l'atmosphéroïde unique formée autour de deux molécules combinées, contient moins de calorique que leurs deux atmosphéroïdes.

La très-grande densité des molécules constituantes des corps fulminans, empêche probablement l'exhalation du calorique qui reste dans un état de pression, et qui, lorsqu'il reçoit accidentellement une pression plus grande, réagit avec un degré de force suffisant pour rompre brusquement une combinaison trop faible. Le calorique, la lumière et les molécules constituantes de la poudre, sont lancés mécaniquement; et les corps simples qui sont alors régénérés, mais qui ne sont pas saturés de calorique, ne l'enlèvent aux corps voisins qu'à une certaine distance du point où s'est faite l'explosion. Quant au bruit, il est l'effet nécessaire de la rentrée de l'air dans le vide momentané produit par l'explosion.

Le soufre a lui-même beaucoup d'analogie avec l'iode et le chlore, car il forme, comme eux, deux acides; l'un, en se combinant avec l'oxigène, l'autre, en se combinant avec l'hydrogène.

L'oxigène qui se combine difficilement avec les quatre autres corps comburans; mais qui, lorsqu'il est combiné avec eux, forme des acides puissans, doit avoir avec eux beaucoup d'analogie.

Quant à l'hydrogène qui se combine facilement avec les cinq corps comburans, et qui forme avec le soufre, le chlore et l'iode un acide, tandis qu'il ne forme avec l'oxigène et l'azote qu'un oxide, il doit être considéré dans ces diverses combinaisons, non comme un principe acidifiant ou comburant, mais comme un principe qui reçoit ses modifications du principe comburant auquel il est uni.

Celui de tous les corps comburans qui exerce sur l'hydrogène l'attraction la plus forte, est le chlore, car il est le seul qui décompose l'eau. L'acide résultant de la combinaison de l'hydrogène et du chlore a reçu le nom d'*hydrochlorique*, et forme des *hydrochlorates* avec les oxides; l'acide *hydriodique* forme avec eux des *hydriodates*, et l'acide *hydrosulfurique* des *hydrosulfates*.

L'acide, formé par la combinaison de l'oxigène avec le chlore, porte le nom d'acide *chlorique*: nom qui remplace celui d'acide *muriatique suroxigéné*. L'oxigène, combiné à l'iode, forme l'acide *iodique*. L'oxigène, combiné avec le soufre, conserve le nom d'acide *sulfurique*; et il résulte de leurs combinaisons, des *chlorates*, des *iodates* et des *sulfates*.

Les combinaisons du chlore, de l'iode et du soufre avec les oxides, forment des *chlorures*, des *iodures* et des *sulfures*.

L'acide hydrochlorique remplaçant, dans cette nouvelle nomenclature, l'acide muriatique, tous les corps connus sous

le nom de muriates devraient dès lors recevoir le nom d'*hydrochlorates*, et ils le reçoivent en effet, mais seulement lorsqu'ils sont dissous dans l'eau; car, après leur cristallisation, et lorsqu'ils sont parvenus à un certain état de sécheresse, l'acide hydrochlorique qui se décompose laisse le chlore métallique combiné avec le métal de l'oxide. Le degré de sécheresse nécessaire à ce résultat, est différent pour chaque espèce d'hydrochlorate; mais, à la température rouge, l'acide hydrochlorique n'existe plus, et tous les hydrochlorates, sans exception, sont changés en chlorures. (1)

C'est encore à M. Gay-Lussac que cette découverte est due.

Sa théorie est aujourd'hui celle de la grande majorité des chimistes français. Mais, comme elle n'a pas encore obtenu l'universalité des suffrages (2), je ne puis regretter

---

(1) Le sel marin dissous dans l'eau est alors composé de quatre principes; savoir: le chlore combiné avec l'hydrogène formant l'acide hydrochlorique, et le sodium combiné avec l'oxigène formant l'oxide de sodium. Si, après la cristallisation du sel, on le fait chauffer fortement, il décrépite et devient une poudre blanche. Or, voici la cause de cette décrépitation. L'hydrogène de l'acide s'empare de l'oxigène de l'oxide et forme avec lui de l'eau dont la vaporisation fait détonner le cristal. Les fragmens pulvérulens ne doivent donc plus contenir ni oxigène ni hydrogène, mais seulement une combinaison du métal chlore avec le métal sodium. L'hydrochlorate de soude a disparu, et il n'est plus resté qu'un chlorure de sodium. Mais si l'on mouille ce chlorure, la nouvelle eau décomposée par le chlore fournira de l'hydrogène et de l'oxigène. L'hydrogène sera acidifié par le chlore; l'oxigène oxidera le sodium; et l'hydrochlorate de soude remplacera le chlorure de sodium.

(2) » Beaucoup de faits concourent à faire reconnaître l'acide muriatique oxigéné comme une substance simple, comme un principe comburant ou acidifiant, aussi bien que l'oxigène. Ceux qui pren-

d'avoir pris la théorie primitive de M. Berthollet pour base de l'explication que j'ai donnée de la cause de la conversion des eaux douces en eaux salées ; et, sans me permettre à cet égard de rien préjuger, je vais en présenter une nouvelle, d'après la dernière théorie.

Nouvelle explication de la conversion des eaux diluviennes en eaux salées.

La formation de la croûte de la terre présente à résoudre le plus important et le plus difficile des problèmes. Quatre océans, qui durent leur naissance à autant de déluges, ont, à différentes époques, séjourné sur notre continent, et leur séjour a été assez prolongé, pour que chacun d'eux en ait laissé des traces.

Le premier de tous s'appuyait immédiatement sur le noyau. La formation des montagnes et l'embrâsement superficiel qui en fut le résultat, occasionnèrent l'évaporation de ce premier océan, auquel les eaux douces ne purent succéder.

Un second océan couvrit la terre et s'appuya sur les rochers granitiques, siliceux et alumineux, dont la forma-

---

nent ce parti ; ceux qui font le plus autorité, l'ont nommé chlore à cause de la couleur jaunâtre qu'ils lui ont trouvée. L'acide muriatique, selon eux, est une combinaison de chlore avec l'hydrogène....

« Toutes ces découvertes changeront-elles encore une fois la chimie ? nullement. La nouvelle chimie, toute fondée sur l'expérience, ne peut changer. L'ancienne chimie, toute systématique, n'avait que des fondemens ruineux qui n'ont pu la soutenir. La nouvelle chimie fait des progrès, s'enrichit, mais ne change pas pour cela. » (*Analyse des travaux de la Classe des Sciences pour l'année* 1814, *publiée en février* 1815. Partie physique ; par M. Cuvier.)

tion avait été occasionnée par les pluies solides et par la fusion de la base des montagnes.

Le niveau de ce second océan baissa lentement par l'effet de l'absorption et surtout de l'évaporation. Il fut remplacé par des lacs d'eaux saumâtres, que leur écoulement continuel convertit en lacs d'eau douce. Les sédimens de ces lacs se distinguent des sédimens océaniques par la différence des productions.

Les lacs se desséchèrent, et leurs vases solidifiées se couvrirent de végétaux et d'animaux.

Un nouveau déluge produisit un troisième océan beaucoup plus considérable que le second, et qui, après un séjour beaucoup plus prolongé, fut également absorbé, évaporé, et remplacé par des eaux douces, auxquelles succédèrent de nouveaux végétaux et de nouveaux animaux.

Le quatrième océan, dont les eaux s'élevèrent à une prodigieuse hauteur, enfonça la voûte du noyau et s'abîma dans les profondes cavernes. Son niveau baissa plus rapidement que celui des précédens océans; mais il laissa aussi des traces de son séjour; et parmi ces traces, on trouve des productions semblables à celles des premiers océans, c'est-à-dire, *des corps qui ne naissent et ne vivent que dans les eaux salées.*

J'ai supposé, dans ma précédente explication, que les animaux et les plantes qui pourrissaient dans les eaux douces, donnaient lieu, par l'effet de leur décomposition, à la combinaison de l'oxigène avec le principe inconnu qui était supposé former avec lui l'acide muriatique; et que ce même acide, en s'unissant alors à la soude des plantes, donnait naissance au sel marin dont la quantité augmentait progressivement; et pour concilier cette explication avec les faits, j'ai été forcé de supposer que les plus anciennes productions, qui étaient celles des eaux douces, n'avaient laissé aucune trace.

Cette hypothèse ne satisfait pas entièrement l'esprit, et il paraîtra toujours peu vraisemblable qu'il se trouve une multitude de coquilles d'eau douce dans les plâtres, les pierres et les marbres, et qu'il ne s'en trouve pas une seule sous les couches des sédimens marins.

Une autre réflexion m'a frappé : les végétaux marins sont les seuls qui contiennent de la soude, principe que l'on ne trouve pas dans les plantes qui croissent dans les eaux douces; et je n'ai point expliqué la raison pour laquelle les plantes de l'océan auraient contenu de la soude à l'époque où l'océan n'était lui-même qu'un grand lac d'eau douce.

J'aurais donc été forcé, tôt ou tard, de rectifier cette dernière partie de mon système, ou de recourir à la volonté immédiate de Dieu pour expliquer le mystère de la salure des eaux; car je ne me serais jamais déterminé à supposer que le sel marin, qui n'est pas un corps simple, mais le résultat de la combinaison de trois corps qui n'a pu s'opérer qu'à l'aide d'un dissolvant, existât en grande masse sur le noyau terrestre avant la pluie diluvienne qui devait le dissoudre.

Toutes les plantes contiennent, soit de la soude, soit de la potasse. Mais la potasse et la soude ont chacune leur département séparé, et l'on trouve dans les végétaux de la potasse sans soude s'ils n'ont aspiré que de l'eau douce, et de la soude sans potasse s'ils n'ont aspiré que de l'eau salée.

Je dois d'abord m'occuper de cette difficulté, dont la solution est également importante, soit qu'on continue à considérer le sel marin comme un *muriate*, soit qu'on se détermine à le considérer comme un *hydrochlorate*.

Le sodium et le potassium sont deux métaux très-analogues et qui jouent dans la nature un rôle important. Ils

sont les plus légers de tous les métaux connus. Le contact de l'air ou de l'eau les convertissent tous deux en oxide à la plus basse température. Tous les végétaux contiennent l'un ou l'autre de ces deux oxides que l'on obtient par la voie de l'incinération et de la lixiviation dans l'état de carbonate. Le carbonate de potasse se retire de la cendre des végétaux terrestres; mais on ne retire le carbonate de soude que de la cendre des végétaux marins ou des plantes terrestres qui croissent sur un terrain salé, telles que le *kali* d'Arabie, la *barille* d'Espagne et le *salicor* de Provence.

S'il n'était question que de chercher le motif pour lequel Dieu a donné la potasse aux végétaux de la terre et la soude aux végétaux de la mer, la réponse serait facile.

La potasse et la soude, oxides qui sont d'ailleurs si semblables par leurs propriétés et même par la forme des sels qui résultent de leur combinaison avec les acides, diffèrent entr'elles en ce que la potasse est déliquescente, et la soude efflorescente. La potasse est un principe essentiellement humectant, puisqu'elle enlève à l'air le plus sec le peu d'eau qu'il contient en dissolution, et qu'il suffit de l'exposer à l'air, pour qu'elle passe de l'état solide à l'état liquide; tandis que la soude est, au contraire, un principe desséchant, puisqu'elle cède à l'air, et même à l'air humide, le peu d'eau qu'elle renferme, et que son contact avec l'air suffit pour la convertir en poudre sèche. La soude ne convenait donc qu'aux plantes marines, qu'elle préserve des effets d'une trop grande humidité, et elle eût été nuisible aux plantes terrestres à qui la potasse, au contraire, devenait précieuse par sa propriété humectante.

La cause finale est évidente. Mais je dois expliquer comment il a pu arriver que les causes secondes, par le moyen desquelles Dieu accomplit toujours les desseins que sa sagesse a conçus, aient empêché les plantes terrestres de s'appro-

prier la soude ; et les plantes marines de s'approprier la potasse.

La potasse ne se trouve point parmi les minéraux, si ce n'est dans l'alun, minéral très-rare, et qui lui-même ne peut avoir reçu que de la décomposition des végétaux la très-petite quantité de potasse qu'il contient. On trouve, à la vérité, de la potasse dans la terre végétale ; mais les végétaux existaient avant la terre végétale ; et les vases de la mer qui, lorsqu'elles sont desséchées, produisent la végétation la plus active, ne contiennent pas de potasse.

L'eau, l'air et la lumière suffisent pour faire naître un végétal terrestre et ce végétal contient de la potasse qu'il n'a pu trouver ni dans l'air ni dans l'eau et qui dès lors doit lui avoir été fournie par la lumière.

J'ai prouvé dans le chapitre *de la végétation* que les végétaux recevaient avec la lumière, sinon la totalité, au moins la plus grande partie de leurs principes ; et j'ai prouvé dans le chapitre *des aérolithes*, que l'hydrogène se trouvait en grande masse dans une région de l'air éloignée de quelques lieues de la surface de la terre. Il est reconnu d'ailleurs que l'hydrogène est de tous les gaz celui qui réfracte le plus fortement la lumière : phénomène qui ne se concilie avec la légèreté spécifique de l'hydrogène que parce que sa viscosité retarde la vitesse de la lumière. On conçoit dès lors la raison pour laquelle les torrens de lumière qui traversent sans cesse la région de l'hydrogène, entraînent à la surface de la terre quelques parcelles d'hydrogène et avec elles quelques parcelles des principes que l'hydrogène contient en dissolution.

Si donc il était permis de supposer que la potasse est soluble dans le gaz hydrogène et que la soude ne l'est pas, il ne serait pas étonnant que la lumière solaire, en introduisant l'hydrogène dans l'organisation des végétaux terrestres, y introduisît en même temps de la potasse, et n'y

introduisit pas de soude. Or, cette supposition n'en est pas une, et tous les chimistes reconnaissent que *la potasse est soluble dans le gaz hydrogène* avec lequel elle forme le *gaz hydrogène potassé*; tandis qu'au contraire *le gaz hydrogène et la soude sont incombinables entr'eux.*

La potasse et la soude sont toutes deux solubles dans l'eau; mais la potasse cesse de l'être lorsqu'elle est combinée avec l'hydrogène. On conçoit dès lors que, dans la régénération de l'eau atmosphérique qui a précédé les déluges, la soude aérienne a dû seule se combiner avec l'eau, et que l'évaporation qui a suivi la formation des premiers océans, a dû augmenter graduellement la quantité relative de soude qui s'y trouvait dissoute, jusqu'au moment où les régénérations de l'eau atmosphérique ont été ou assez abondantes ou assez fréquentes pour dissoudre la totalité de la soude atmosphérique. Les végétaux marins qui ont précédé les végétaux terrestres ont dû dès lors avoir la soude pour principe, et la potasse a dû rester combinée avec l'hydrogène de l'atmosphère jusqu'à l'époque où les premiers rayons solaires ont porté tout à-la-fois l'hydrogène et la potasse dans les vaisseaux des plantes terrestres.

Le chlore faisant partie des métaux dont la masse est en état de fusion, fait nécessairement partie des gaz qui s'exhalent de la terre et qui s'en exhalaient avec plus d'abondance à l'époque où les premiers océans se formèrent; et il résulte de la nouvelle théorie que le chlore, en traversant l'océan qui contenait de la soude en dissolution, dut se convertir en acide hydrochlorique et se combiner avec la soude pour former le sel marin (hydrochlorate de soude.)

Cette combinaison a pu également avoir lieu dans l'atmosphère. Il n'a fallu pour cela que la formation d'un brouillard aqueux dans la partie de l'atmosphère où les deux gaz résultans de l'exhalation du chlore et du sodium, se trouvaient réunis; et il aurait même suffi que l'eau, après

avoir dissous la soude, eût traversé une couche dans laquelle le chlore seul se serait trouvé à l'état de gaz.

La même cause qui a déterminé la dissolution de la soude atmosphérique a dû déterminer aussi la dissolution de la chaux, principe qui, comme la soude, est insoluble dans l'hydrogène. Mais la chaux a dû se trouver dans les eaux diluviennes en moindre quantité que la soude, attendu que l'eau ne peut dissoudre qu'un ~~millième~~ 400e de son poids en chaux. La chaux dissoute dans les premiers océans a donc dû se convertir aussi en hydrochlorate; et telle est sans doute la raison pour laquelle le sel marin contient toujours une portion d'hydrochlorate de chaux.

Indépendamment de la soude aérienne, la mer a dû encore s'enrichir de la soude qui fait partie du gaz subterrané, soit qu'elle provienne directement de la matière en fusion, soit qu'elle provienne de la décomposition du chlorure de soude dans les cavernes embrâsées qui causent les éruptions volcaniques.

On conçoit dès lors que les eaux diluviennes qui, au moment où elles sont tombées sur la terre, s'étaient emparées de la soude de l'atmosphère et contenaient déjà une portion quelconque d'hydrochlorate de soude, ont dû, en très-peu de temps, acquérir le degré de salure convenable à la multiplication des cornes d'ammon et autres animaux marins dont les analogues vivans ne se trouvent plus aujourd'hui, soit parce que le degré de salure est devenu trop considérable, soit parce que la mer, même sous l'équateur, n'a plus aujourd'hui la température convenable.

De la nature du soufre d'après la nouvelle théorie.

Lorsque le soufre est exposé à l'action d'une forte pile voltaïque, il s'en dégage de l'hydrogène, et M. Davy avait conclu de cette expérience que le soufre n'était pas un corps élémentaire, mais un corps secondaire résultant de la combinaison de l'hydrogène avec un principe inconnu.

En adoptant cette théorie, j'ai supposé que l'hydrogène dégagé de l'eau décomposée dans les fournaises sous-marines, trouvait, soit dans le gaz subterrané, soit parmi les sédimens des eaux infiltrées, le principe nécessaire à la formation du soufre.

Mais, s'il est vrai, comme il y a lieu de le présumer, que le soufre soit un principe comburant, la conséquence que M. Davy avait tirée de la manifestation de l'hydrogène, ne paraît plus devoir être adoptée.

Un corps qui, rivalisant avec l'oxigène, l'azote, le chlore et l'iode, jouit de la propriété comburante, doit, comme eux, être un corps simple et non pas un corps secondaire, et surtout un corps secondaire qui aurait l'hydrogène pour principe constituant.

Je propose au surplus, à cet égard, aux savans qui ont adopté la doctrine nouvelle, la théorie suivante.

Il existe deux classes d'acides et d'oxides; savoir, les acides et oxides proprement dits, qui tous ont l'oxigène pour principe comburant, et les hydracides et hydroxides qui résultent de la combinaison de l'hydrogène avec un principe comburant.

L'eau serait un hydroxide d'oxigène.

L'ammoniac serait un hydroxide d'azote.

Si, comme le suppose M. Ampère, l'acide fluorique est

un hydracide, il est probable qu'il est un hydracide d'azote qui, dans ce cas, serait combiné avec l'hydrogène en deux proportions.

La combinaison de l'hydrogène avec le chlore, l'iode et le soufre, serait désignée par les mots hydracide de chlorium, d'iodium, de sulfurium; on laisserait d'ailleurs aux sels formés par ces trois hydroxides les noms qui leur ont été donnés d'hydrochlorates, hydriodates et hydrosulfates.

Je suppose que le sulfurium est un métal très-dense qui a peu d'affinité avec l'oxigène, et que nous ne connaissons qu'à l'état d'hydroxide, c'est-à-dire, combiné en une seule proportion avec l'hydrogène..

Si le soufre et le phosphore dont M. Davy a extrait de l'hydrogène étaient purs, l'hydrogène qu'il a obtenu n'était autre chose vraisemblablement que le principe oxidé par le sulfurium et le phosphorium; et si la flamme voltaïque eût eu plus d'énergie, il est probable que ces deux métaux auraient été réduits.

La fusion du soufre et celle du phosphore seraient mises au rang des fusions vitreuses.

Le gaz de sulfurium serait un des plus abondans de tous les gaz métalliques qui composent le gaz subterrané; l'eau décomposée dans les fournaises sous-marines, lui fournirait l'hydrogène avec lequel il se combinerait en une ou deux proportions, pour former l'hydroxide et l'hydracide de sulfurium; dans le premier de ces états, il se régénérerait en soufre natif, ou il minéraliserait les métaux; dans le second, il s'exhalerait en nature ou combiné avec quelques oxides, et notamment avec l'hydroxide d'azote

L'odeur du soufre électrique (tome III, p. 43.) serait due à la combinaison de l'oxigène avec les gaz hydroxides de sulfurium et de phosphorium.

Il y a lieu de présumer que ces deux gaz, et tous les gaz métalliques qui traversent sans cesse l'atmosphère, sont

interceptés en partie par l'hydrogène de la haute région avec lequel ils se mêlent ou se combinent.

L'hydrogène lui-même doit se former dans l'intérieur de la masse en fusion (1) et faire partie du gaz subterrané.

De quelques phénomènes dont il a été rendu compte à la classe des Sciences dans le cours de l'année 1814.

» M. M[illegible]nge, dans un mém[illegible]e sur le bronze des anciens, a p[illegible] d[illegible] les expérien[illegible]es de M. Darcet, que ce [illegible] par [illegible] immersion dans l'eau froide [illegible] il arrive à l'acier, mais qu'il obt[illegible] lorsqu'ap[illegible]voir été rougi à blanc, on le [illegible] lentement a[illegible] air. M. Darcet a tiré parti de cette propriété pour faire des cymbales, instrumens qui ne se fabriquaient jusqu'à présent qu'en Turquie, et, à ce qu'on prétend, par un seul ouvrier de Constantinople qui en a le secret ».

Le succès qu'a obtenu M. Darcet, relativement aux cymbales, doit encourager les chimistes à faire, d'après le même principe, de nouveaux essais pour imiter le tam-tam chinois qui n'est point fabriqué au marteau comme les cymballes, mais qui est coulé comme les cloches. L'analyse a fait reconnaître la proportion des métaux dont le tam-

---

(1) La quantité relative de la lumière dormante doit augmenter dans l'intérieur de tous les corps qui exhalent plus de calorique que de lumière; et cette augmentation est favorable à la formation de l'hydrogène (193) dans la masse métallique de la terre.

tam est composé, et l'on réussirait probablement à en fabriquer, si l'on faisait froidir le métal avec une extrême lenteur, ainsi que je l'ai proposé (96).

« La chute des pierres de l'atmosphère depuis qu'on est averti de leur réalité, s'observe si souvent, que ce que ces pierres auront bientôt de plus étonnant, sera la longue incrédulité où l'on a été à leur égard. Il y a eu une pluie de pierres très-remarquable dans le département de Lot et Garonne, le 5 septembre dernier, par un beau temps, avec une forte explosion et un nuage blanchâtre. Le nombre des pierres a été considérable. On dit qu'il y en avait une du poids de dix-huit livres. Elles se sont dispersées sur à-peu-près une lieue de rayon. Leurs caractères extérieurs sont absolument comme dans les autres pierres de même origine. Seulement leur cassure a des teintes un peu plus marbrées.

« M. Berthollet a remis à la classe, de la part de M. Tennant, une des pierres tombées en Irlande l'année dernière, et qui ressemblent à toutes les autres, si ce n'est qu'elles contiennent un peu plus de fer.

« D'où viennent ces pierres? se forment-elles dans l'atmosphère? comment s'y forment-elles? c'est ce qu'on ignore. Seulement on sait qu'aucune pierre composée comme celles-là ne se trouve à la surface du globe. »

J'ai répondu à ces diverses questions dans le chapitre des aérolithes (tome I.)

Il y a lieu de présumer que les pierres de Lot et Garonne n'ont été subdivisées et n'ont couvert une lieue de terrain, que parce qu'il y a eu un très-grand nombre de petites détonations qui ont suivi la détonation principale, la seule qui ait été entendue.

Des spectateurs qui avaient au zénith le nuage blanc au

centre duquel s'est formée la roche atmosphérique, ont observé que, d'après l'espace de temps qui s'était écoulé entre l'éclair et l'explosion, ce nuage devait être élevé de dix à douze lieues au-dessus de la surface de la terre.

A cette hauteur, les courans de l'air qui n'éprouvent aucun obstacle sont très-rapides, et les molécules régénérées qui après avoir formé le nuage ont formé la roche, étaient douées d'un mouvement égal à celui de l'air environnant.

Les fragmens de la roche principale, lancés dans toutes les directions, ayant eux-mêmes détonné, ont produit des pierres qui ont également dû se briser; leur dissémination sur une lieue de terrain, n'a dès lors rien d'étonnant.

Quant à la proportion dans laquelle se trouvent les matières qui composent les aérolithes, elle indique par ses légères variations celles qu'éprouve le gaz générateur dans les différens temps et les différens pays.

» M. de Humbold a donné l'histoire vraiment étonnante du volcan de Jorallo qui s'ouvrit en 1759 au Mexique, sur un plateau uni, bien cultivé où coulaient deux rivières d'eau froide et où, de mémoire d'homme, il ne s'était pas même fait entendre un bruit souterrain; la catastrophe fut annoncée quelques mois d'avance par des secousses et des mugissemens qui durèrent quinze ou vingt jours. Des flammes, des pluies de cendres, déterminèrent les habitans à fuir. La croûte du terrain s'élevait et s'abaissait comme les ondes; il en sortit une multitude de petits cônes de six à neuf pieds qui existent encore; il s'éleva enfin une suite de six collines, dont la principale, qui conserve encore aujourd'hui un cratère enflammé, n'a pas moins de 1600 pieds de hauteur. Tous les matins la fumée s'élève des petits cônes et des crevasses; et les deux rivières ne roulent plus que de l'eau chaude imprégnée d'hydrogène sulfuré. Ce volcan, comme plusieurs autres du

nouveau monde, est à plus de quarante lieues de la mer, tandis que, dans l'ancien continent, on n'en connaît aucun qui s'en éloigne de plus de douze lieues.

J'ai indiqué (tome II) la cause commune des tremblemens de terre et des volcans; et le phénomène décrit par M. de Humbold ne peut servir qu'à confirmer ma théorie.

Les vapeurs qui se dégagent des cavernes sous-marines et qui se trouvent renfermées dans un trop petit espace (quoique cet espace occupe quelquefois une étendue de plus de cent lieues à cause de la communication qui existe entre les fissures du globe), réagissent à-la-fois sur toutes les voûtes; et comme leur puissance réactive croît indéfiniment, elles doivent s'échapper enfin par l'issue la plus facile, qui est quelquefois très-éloignée du lieu où se trouve l'embrâsement qui les produit; et si, parmi les volcans nombreux des deux Amériques, il s'en trouve qui soient plus éloignés de la mer que ceux de l'ancien continent, cela prouve seulement que la croûte de la terre y est plus compacte, moins crevassée, et présente aux vapeurs une résistance plus grande.

Les volcans, dont la cause existe à une très-grande profondeur, s'ouvrent indifféremment, ou à travers le fond de l'océan, ou à travers les plateaux du continent, ou à travers les chaînes des montagnes.

Les montagnes, purement volcaniques, se ressemblent toutes, et ne sont que des amas de matières calcinées vomies par les éruptions précédentes.

Le *Monte Nuovo*, près de Puzzol, s'est formé sur un plateau; et les collines volcaniques qui se sont formées sur les flancs de l'Etna, ne sont guères moins élevées que les collines de Jorallo.

En expliquant l'origine des laves, j'ai prouvé que leur écoulement ne pouvait avoir lieu que dans les anciens volcans;

et l'on voit, en effet, par le récit de M. Humbold, que le terrible volcan de Jorallo n'a jusqu'ici vomi que des cendres.

L'exhalation des vapeurs doit y être continue; mais elles sont trop rares pour être aperçues pendant le jour. L'obscurité les rend invisibles la nuit, et l'époque la plus favorable pour les observer est le matin, parce qu'alors elles sont condensées par la fraîcheur de l'air.

Ces vapeurs sont sulfureuses ou hydrosulfuriques comme toutes les fumées des volcans; et comme leur état habituel de dilatation prouve qu'elles sont très-chaudes, il n'est pas étonnant qu'elles communiquent leur température et leur odeur au terrain voisin des crevasses, et, par suite, aux eaux qui coulent sur ce terrain.

« M. Cuvier a examiné à Harlem un squelette pétrifié, retiré, il y a plus de cent ans, des carrières d'Æningen, près du lac de Constance, que Scheuclzer, naturaliste de Zurich, avait pris pour celui d'un homme, et qu'il avait fait graver sous le nom d'*homme témoin du déluge*. M. Cuvier a reconnu que ce squelette avait appartenu à une espèce inconnue et gigantesque de Salamandre, comme il l'avait déjà annoncé sur la simple inspection de l'estampe dans son grand et bel ouvrage sur les animaux fossiles. Il y décrit plusieurs grands animaux trouvés dans les carrières de Montmartre, d'espèces et souvent de genres inconnus. Dans cet ouvrage, qui est la plus belle application de l'anatomie comparée, l'auteur fait preuve d'une profonde connaissance de cette science, et d'une admirable sagacité dans l'emploi qu'il en fait. Une conséquence fort remarquable de cette description, de ce rapprochement d'ossemens fossiles de races inconnues et depuis long-temps perdues, de restes d'animaux qui ont existé il y a *cinquante* ou *soixante siècles*, et peut-être *beaucoup plus*, c'est qu'on n'a pas encore rencontré d'ossemens qui aient appartenu à l'*homme*; ce qui porte naturel-

ment à croire qu'il est *le plus nouvel habitant du globe.* »

Diderot, Delalande, Condorcet et tous les coryphées de la philosophie du dix-huitième siècle, étaient loin sans doute d'imaginer que le premier des corps savans de l'Europe proclamerait un jour, comme une vérité d'observation, que l'homme est le plus nouvel habitant du globe, et que la même compagnie accorderait publiquement son suffrage à un livre dans lequel on lit que les grands animaux fossiles de l'ancien et du nouveau Monde se trouvent à une petite profondeur, et que leurs ossemens, qui n'ont pas été déplacés, prouvent que ces animaux ont péri dans les lieux mêmes où ils avaient vécu et où ils ont été surpris par une invasion récente de l'Océan, qui a couvert en même temps les deux continens.

Les observations des savans modernes confirment donc enfin la vérité du récit de Moïse, qui nous apprend que l'espèce humaine n'existe que depuis soixante siècles, que les animaux sont antérieurs à l'homme, et qu'un déluge universel a couvert la terre il y a quarante-deux siècles; et mon Système universel, dont le but principal est d'opérer une réconciliation sincère entre la philosophie et la religion, ne pouvait paraître dans une circonstance plus favorable.

TABLE

DES

CHAPITRES DU QUATRIÈME VOLUME.

PAGES.

1. *De la double réfraction.* Huyghens, Newton, M. Haüy. — Théorie. — Retardation de la lumière. Effet de ce retard.

21. *De la polarisation.* Malus, M. Davy. — Théorie. — Brisement du fil lumineux. — Rotation des globules.

35. *De la diffraction.* Grimaldi, Newton, de Mairan, M. Flaugergues. — Théorie. — Croisement des rayons. — Croisement des couleurs de chaque rayon.

50. *De la coloration vaporeuse.* Effet de la diffraction. — Expérience de M. Herschell.

53. *Résumé sur les causes et les effets de la déviation de la lumière.*

62. *Des illusions optiques.*

63. *Des erreurs sur les distances et les grandeurs.*

66. *De la grandeur apparente des astres à l'horizon.* — — Opinion de M. Libes. — Réfutation.

73. *Du rayonnement.* Effet de l'inflexion et de la diffraction occasionnées par les parois de l'iris.

75. *De la scintillation.* Celle des planètes n'a qu'une cause, celle des étoiles en a deux.

81. *Des ombres et des pénombres.* Elles sont quelquefois les produits de la réfraction, de l'inflexion et de la diffraction.

84. *De l'arc-en-ciel.* Newton. — Courbes dont ce phénomène est le résultat. — Arc-en-terre. — Arc-en-mer. — Cercle-en-ciel. — Arc-en-ciel lunaire. —

Arc-en-ciel par réflexion. — Triple arc-en-ciel observé sur les montagnes du Pérou. — Explication.

95. *Des couronnes* ou *hallos*, et *des auréoles*. Couronnes qui ont le rouge en dehors dues à la réfraction. — Couronnes qui ont le rouge en dedans dues à la diffraction. — Couronne produite par la raréfaction de l'air d'un tube.

103. *Des parélies et des parasélènes*. Explication du phénomène principal et des phénomènes accessoires. — Apparition dans les airs du St.-Michel de la cathédrale d'Amiens.

Du crépuscule. Il est produit par des rayons divergens d'abord blancs le matin et auxquels succèdent les couleurs dans leur ordre naturel. Le phénomène se reproduit le soir en l'ordre inverse. — Théorie nouvelle. — Explication du phénomène désigné par de Mairan sous le nom d'anti-crépuscule.

119. *Du faux crépuscule et de quelques autres lueurs produites par la puissance réfléchissante de l'air*. Le faux crépuscule est produit par les rayons du crépuscule rendus accidentellement moins divergens. — *Clignotement* de la glace. Découverte des vaisseaux à une grande distance en mer. — Lueur des éclairs. — Lueur du disque de la lune pendant les éclipses de lune. — *Lumière blanche* dans le ciel pendant les éclipses de soleil.

123. *De la lumière zodiacale*. Elle est due aux rayons du crépuscule ramenés accidentellement à une faible convergence. — Explication de tous les phénomènes observés par Cassini et de Mairan.

136. *De la voie lactée et de la nébulosité des étoiles*. Lumière réfléchie par le fluide élémentaire.

142. *De l'aurore boréale*. Ce phénomène a pour cause 1.° la projection de l'ombre des nébulosités polaires; 2.° le faisceau principal de lumière que le pouvoir réfringent de l'air des pôles ramène dans l'hémisphère de la nuit; 3.° enfin la déviation des rayons latéraux qui, après avoir débordé l'hémisphère du jour sont réfractés vers le faisceau principal par l'effet de l'augmentation graduelle de densité de l'air dans la direction de l'équateur aux pôles.

171. *De l'aurore australe*. Sa cause est la même. — Les

ns des deux aurores se rejoignent vers la même
on du ciel.

180. *outres lumineuses.* Ce sont des nuages phosphorescens.

181. *De la lumière sanglante.* Complication du phénomène des parélies et de celui de l'aurore boréale.

184. *De la queue des comètes.*

186. *Digression sur les divers systèmes auxquels la lumière des comètes a donné lieu.*

197. *Réfutation de l'hypothèse de Newton sur la queue des comètes.*

214. *Explication de la lumière cométaire.* Cette lumière qui nous est réfléchie par le fluide élémentaire est due à la réfraction qu'éprouvent le rayon du soleil en traversant l'atmosphère des comètes. Les comètes n'ont point de mouvement de rotation, ce qui est cause que les rayons éprouvent constamment une première déviation qui les écarte de l'axe en les attirant vers l'horizon où la densité de l'air est plus grande qu'auprès de l'axe. Après avoir débordé l'horizon, une partie des rayons est ramenée vers l'axe et forme la queue; et le surplus, en continuant de s'écarter de l'axe forme la frange observée dans la comète de 1811.

274. *Résumé général du Système universel.*

325. *Additions.*

327. *Dissertation sur les pierres tombées du ciel.* (Imprimée à Paris en 1803).

337. *Genèse philosophique.* (Imprimée à Paris en 1803).

353. *Découverte de la véritable cause de la queue des comètes.* (Imprimée à Paris en 1812).

389. *Explication des figures* relatives aux mouvemens de la lumière.

398. *Potscriptum.*

Ib. *Perfectionnement de la théorie chimique.* Nouveaux corps comburans.

405. *Nouvelle explication de la conversion des eaux douces en eaux salées*, d'après la dernière théorie dans laquelle le sel marin est considérée comme un *hy-*

drochlorate de soude. — Explication de la cause pour laquelle la *soude* est tombée en partage aux végétaux *marins* et la *potasse* aux végétaux *terrestres*.

114. *De quelques phénomènes dont il a été rendu compte à la classe des sciences en* 1814 *et dont l'analise a été publiée en février* 1815. — Pluies de pierres. — Volcan de Jorallo. — Manière de tremper le bronze. — Animaux fossiles.

FIN DE LA TABLE DES CHAPITRES.

ERRATA.

(TOME IV).

Pages.	Lignes.	
5	26.	Cet axe sera nécessairement le seul. *Lisez :* Ce c sera le seul.
19	21.	compléement. *Lisez :* complétement.
21	10.	met. *Lisez :* le transmet.
45	13.	courbe. *Lisez :* courbé.
46	18.	corrélation. *Lisez :* corélation.
57	7.	précisément. *Lisez* : à-peu-près.
95	3.	silico-hydrogènes. *Lisez :* silico-hydrogénés.
95	22.	condensent. *Lisez :* condense.
96	4.	souvent. *Lisez* : plus souvent.
154	11.	l'air. *Lisez* : l'aire.
1 7	9.	ces rayons. *Lisez* : ses rayons.
173	20.	les rayons R. *Lisez* le rayon R.
197	13.	qui le mettront *Lisez* : qui les mettront.
198	11.	au temps de. *Lisez* : au temps du.
219	20.	passent. *Lisez* : passant.
265	17.	est devenue. *Lisez* : est devenu.
305	10.	quatre à cinq pouces. *Lisez* : quatre pieds e pouces.
Id.	29.	d'elions. *Lisez* : de lions, hyennes et autres carn siers.
Id.	30.	Livonie. *Lisez* : Franconie.
311	16.	augments. *Lisez* : augmenta.
321	1.	résulta. *Lisez* : résultât.
349	4.	*Supprimez la virgule et placez la à la ligne* vante, *après le mot* fécondantes.

SUPPLÉMENT

AU

SYSTÈME UNIVERSEL.

Notions chimiques sur les corps organiques.

Cette partie de la science chimique n'est pas, à beaucoup près, aussi complète que celle qui a servi de base à cet ouvrage. Mais elle contient des faits très-curieux, qui ont été recueillis et mis en ordre dans le 3.e volume du Traité de Chimie de M. Thénard; volume qui n'a paru qu'en mai 1815, et dont je vais présenter l'extrait à mes Lecteurs.

Le développement de la végétation et de la vie donne lieu à la formation d'une très-grande quantité de corps doués de propriétés différentes, mais composés des mêmes principes, réunis en diverses proportions.

Les substances animales sont composées de carbone, d'oxigène, d'hydrogène et d'azote; le substances végétales ne sont composées que de carbone, d'oxigène et d'hydrogène : mais, comme aucune loi de la nature n'est absolue, elle a voulu que l'azote fît partie d'un petit

nombre de substances végétales, et que quelques substances animales en fussent privées.

Il entrait dans le but de la création que les productions animales et végétales n'eussent pas une existence durable. Si vous soumettez le milieu d'un tube de porcelaine à l'action d'un fourneau de réverbère, et que vous fassiez communiquer l'une des extrémités de ce tube avec une cornue de grès placée sur un fourneau, et l'autre extrémité avec un flacon tubulé portant un tube recourbé qui s'engage sous le mercure et communiquant avec d'autres flacons tubulés, toute substance animale ou végétale placée dans la cornue, sera décomposée en combinaisons binaires réductibles en corps simples.

Quelques substances végétales ont été converties par les chimistes en d'autres substances du même ordre; mais il est à-peu-près impossible qu'ils parviennent jamais à les former de toutes pièces. Ils savent, par exemple, que le sucre de canne est composé, sur 100 parties, de 42,47 de carbone, de 50,63 d'oxigène, et de 6,90 d'hydrogène. Ils savent encore que l'oxigène et l'hydrogène du sucre s'y trouvent précisément dans les proportions convenables pour former l'eau, et que dès lors, lorsqu'ils ont versé 57,53 hectogrammes d'eau sur 42,47 hectogrammes de charbon pur, le vase dans lequel se trouve ce mélange, contient les élémens de cent hectogrammes de sucre; mais ils ne connaissent aucun procédé pour combiner l'eauavec le charbon.

Les substances végétales et animales sont en très-grand nombre. Je ne parlerai que des plus connues ou de celles qui présentent quelques particularités remarquables. Les acides méritent une attention particulière.

Acides végétaux. Les Chimistes donnent ce nom à tous les corps formés d'oxigène, d'hydrogène et de carbone, qui rougissent la teinture de tournesol ou de violettes, et saturent les *bases salifiables*, c'est-à-dire, la soude, la potasse et les autres oxides métalliques. Les sels qu'ils forment avec ces bases, se comportent avec la pile voltaïque comme les sels minéraux, et c'est toujours l'acide qui se rend au pôle positif. (Voyez tom. 3, p. 871.)

Les acides végétaux sont au nombre de 17. Les trois premiers sont produits par la nature et par l'art; les neuf suivans ne sont produits que par la nature, et les cinq derniers ne le sont que par l'art.

1. *Acide acétique.* On le trouve dans la sève de presque toutes les plantes, dans la sueur, l'urine, et le lait même le plus récent. Il se développe dans l'estomac à la suite des mauvaises digestions. Il est un produit constant des décompositions qu'éprouvent les matières végétales et animales, soit par la fermentation putride, soit par le feu, soit enfin par les acides et par les alkalis. Toute liqueur vineuse exposée au contact de l'air, se convertit en acide acétique. Il est le seul des acides végétaux qui se volatilise sans se décomposer. Il ne se cristallise qu'à l'aide de sa congellation qui a lieu à 13° au-dessous de zéro.

L'acide acétique le plus pur est celui qu'on retire de l'acétate de cuivre (vert-de-gris). Il est connu sous le nom de *vinaigre radical*.

La *terre foliée de tartre* est de l'acétate de potasse; le *sel de Saturne* est de l'acétate de plomb. (Voyez pour de plus grands détails l'*application de la Chimie aux arts*, par M. le Comte Chaptal.)

2. *Acide malique.* Il a été découvert dans le suc de

pommes; mais on le trouve aussi dans le suc de plusieurs autres fruits. Le plus pur est celui que l'on trouve dans le suc de joubarbe. Après avoir filtré ce suc, on y verse en excès de l'acétate de plomb. L'acétate est décomposé, et l'on obtient un précipité blanc uniquement formé de malate de plomb. En mêlant ce sel avec moitié de son poids d'acide sulfurique concentré, étendu dans quatre ou cinq fois son poids d'eau, on obtient du sulfate de plomb qui se précipite en poudre blanche. L'on fait ensuite passer à travers la liqueur qui contient l'acide malique avec une petite quantité d'oxide de plomb un courant de gaz hydrogène sulfuré qui convertit l'oxide en sulfure. On filtre la liqueur; on la fait évaporer, et on obtient enfin l'acide malique sous forme d'extrait d'un blanc jaunâtre. Sa dissolution, même la plus concentrée, ne cristallise pas. L'acide nitrique transforme l'acide malique en acide oxalique.

3. *Acide oxalique.* La manière la plus économique de l'obtenir est de l'extraire de l'oxalate acide de potasse (sel d'oseille).

Les procédés sont les mêmes que pour l'acide malique.

La saveur de l'acide oxalique est très-forte, et son action sur le tournesol très-grande. Ses cristaux sont de longs prismes transparens et quadrilatères terminés par des sommets dièdres. Il est de tous les acides végétaux celui qui contient le plus d'oxigène. Il fait disparaître les taches d'encre plus promptement que le sel d'oseille, mais moins promptement que le chlore. Il est susceptible de se combiner en quatre proportions avec la plupart des oxides; et dans ces quatre genres d'oxalates, auxquels on a donné les noms de sous-oxalate, d'oxalate neutre, d'oxalate acidule

et d'oxalate acide ou quadroxalate, le rapport de l'oxigène de l'oxide à la quantité de l'acide est comme les nombres 1, 2, 4, 8. (voyez tome 1.er page 386).

La chaux, la baryte et la strontiane sont les bases qui ont le plus de tendance à s'unir avec l'acide oxalique.

4. *Acide benzoïque.* Il se retire des baumes par distillation, et de l'urine des animaux herbivores à l'aide de l'acide muriatique. Il est solide, blanc, légèrement ductile. Sa saveur est piquante et un peu amère. Ses cristaux sont de longs prismes blancs opaques et satinés.

5. *Acide citrique.* On le retire du citron. L'orange lui doit son acidité : celle des fruits rouges est due à un mélange d'acide malique et d'acide citrique.

La saveur de l'acide citrique est très-acide, et même insupportable lorsqu'il est pur. Il cristallise en prismes rhomboïdaux dont les extrémités sont terminées par quatre faces trapézoïdales qui embrassent les angles solides.

Tous les citrates solubles peuvent se faire directement, c'est-à-dire, en traitant les oxides ou les carbonates par l'acide citrique. Les citrates insolubles s'obtiennent par la voie des doubles décompositions (113).

6. *Acide fungique.* La plupart des champignons en contiennent. On le trouve libre en grande partie dans la *pezize noire*, et uni à la potasse dans le *bolet* du noyer. Le fungate d'ammoniac cristallise en prismes hexaèdres parfaitement réguliers. L'acide fungique est incristallisable. Sa saveur est très-aigre.

7. *Acide gallique.* On l'extrait de la noix de galle, et il s'en trouve dans la plupart des écorces. Il est uni au

tannin (1) dont il est très-difficile de le séparer entièrement. Sa saveur est acide, astringente : il rougit assez fortement la teinture de tournesol, et il cristallise en lames blanches et brillantes.

Les sels à base de deutoxides et de tritoxides de fer, sont presque les seuls qui sont décomposés par l'acide gallique pur. Il forme un précipité bleu avec les premiers et d'un brun noir avec les seconds. Uni au tannin, on l'emploie fréquemment en teinture.

8. *Acide kinique.* Il ne s'est trouvé jusqu'ici que dans le quinquina. Il y est uni à la chaux. Sa saveur est assez forte et sans amertume. Il cristallise difficilement. Les sels qu'il forme avec les alkalis et les terres, sont solubles et cristallisables.

9. *Acide mellitique.* On ne le trouve qu'uni à l'alumine. Il forme avec cette base une pierre très-rare, appelée *pierre de miel* ou *mellite*. Cette pierre est à demi-transparente et d'une forme octaédrique. Le mellitate d'ammoniac cristallise en beaux prismes à six pans, qui perdent bientôt leur transparence à l'air et prennent une couleur blanche d'argent.

10. *Acide morique.* Il est toujours combiné avec la chaux. On le trouve sur l'écorce du mûrier blanc en petits grains d'un brun jaunâtre ou noirâtre.

11. *Acide succinique.* « Il existe tout formé dans l'am-

---

(1) Substance que quelques chimistes considèrent comme immédiate : on la trouve dans la noix de galle, dans le cachou, dans le thé et dans la plupart des écorces et des fruits. Elle est astringente, soluble dans l'eau, et précipite la dissolution de colle forte.

bre ou succin. Il y est uni à une grande quantité de matière huileuse. C'est par la distillation qu'on le retire. On remplit à moitié de succin une cornue de verre ou de grès. On adopte à son col une allonge et un récipient tubulé, et l'on procède à la distillation, en ayant soin de ménager le feu. Il passe d'abord un liquide incolore (1), ou du moins peu coloré. Ensuite il se sublime de l'acide succinique qui se condense sous forme d'aiguilles dans le col de la cornue; puis il se forme une huile épaisse et brune qui contient encore une assez grande quantité d'acide succinique. »

On le purifie de la même manière que l'acide malique.

---

(1) Ce liquide incolore a été reconnu par les anciens chimistes comme étant un véritable naphte. Ils ont trouvé la même substance dans les premiers produits dégagés de la distillation des bitumes concrets, tels que l'asphalte, le jais et la houille. Ils ont retiré de ces bitumes le même acide succinique que l'on n'obtient qu'à grands frais de la distillation de l'ambre. Ils ont enfin trouvé dans l'ambre, notamment du sel marin : circonstance dont la vérification aurait pu servir à faire reconnaître l'origine de l'ambre. J'ai dit (tome III, page 329) que l'ambre n'était autre chose que le bitume marin devenu concret par son mélange avec l'acide inconnu qui existe à la surface de la mer. Je regrette que cet acide inconnu n'ait pas été analysé; car, s'il était reconnu pour être le même que l'acide succinique, il n'y aurait plus aucun doute sur l'origine de l'ambre. J'avais pensé que l'acide succinique était un mélange des acides phosphorique et sébacique; mais, puisque M. Thénard le place au rang des acides végétaux, je dois abandonner cette hypothèse.

Les succinates ont été à peine étudiés. Il n'existe dans la nature aucun succinate.

11. *Acide tartarique.* On ne le trouve dans la nature que combiné avec la potasse ou avec la chaux. Ces deux espèces de tartrates se trouvent dans le raisin et dans le tamarin. Il se forme, sur les parois des tonneaux dans lesquels on conserve le vin, une couche plus ou moins épaisse d'une substance qu'on appelle *tartre*, et qui prend le nom de *crême de tartre* lorsqu'elle est purifiée. C'est de ce sel nommé par les chimistes tartrate acide de potasse, que l'on extrait l'acide tartarique dont la saveur est très-forte, et qui cristallise difficilement.

En saturant par le sous-carbonate de potasse l'excès d'acide de la crême de tartre, on en fait un sel neutre légèrement purgatif, connu sous le nom de *sel de Seignette.*

L'*émétique* est un tartrate de potasse et d'antimoine.

Le *tartre chalibé*, la *teinture de mars* et les *boules de Nancy* sont des combinaisons de tartrate de potasse et de tartrate de fer.

12. *Acide camphorique.* On ne l'obtient qu'en traitant le camphre par une très-grande quantité d'acide nitrique. Il a une saveur légèrement amère. Son odeur rappelle celle du safran. Il cristallise en parallélipipèdes opaques et blancs. Projeté sur des charbons ardens, il s'exhale entièrement en une fumée blanche, épaisse et aromatique.

13. *Acide mucique.* On l'obtient, en traitant par l'acide nitrique la gomme, la manne grasse et le sucre de lait. Sa forme est celle d'une poudre blanche. Il croque sous les dents, et sa saveur est faiblement acide.

Les mucates sont décomposés par le feu et par la plu-

part des acides. Lorsque le mucate d'ammoniac est chauffé, l'ammoniac se dégage d'abord, et le résidu se comporte à-peu-près comme l'acide mucique.

14. *Acide pyrotartarique.* On l'obtient en distillant l'acide tartarique, qui donne par sa décomposition les mêmes produits que les autres matières végétales, mais qui donne en outre l'acide pyrotartarique. On le trouve en dissolution dans le liquide provenant de la distillation. On filtre cette liqueur que l'on évapore jusqu'à siccité. On redissout le résidu que l'on évapore encore, et après avoir recommencé plusieurs fois la même opération, il se forme à la voûte de la cornue un sublimé blanc et lamelleux qui est l'acide pyro-tartarique pur. Sa saveur est très-acide; il est très-soluble dans l'eau, et les bases salifiables se combinent avec lui.

15. *Acide subérique.* On ne l'obtient qu'en traitant le liége par l'acide nitrique. Les proportions à employer sont six parties d'acide à 25 ou 30 ° et une partie de râpure de liége. Après avoir fait bouillir ce mélange dans une cornue de verre qui verse dans un ballon les produits de la distillation, on remet ces produits dans la cornue et on distille plusieurs fois. On étend la liqueur dans cinq ou six fois son poids d'eau; on l'évapore jusqu'à consistance d'extrait, et on la laisse refroidir. Il s'en sépare alors deux matières solides, dont l'une, qui se dépose au fond du vase en gros flocons, est la partie ligneuse, et dont l'autre, qui est une matière grasse, se fige à la surface du liquide. On enlève cette graisse à l'aide d'une carte, et l'acide subérique se trouve dans la liqueur dont la couleur est jaune et la saveur acide et amère. La quantité d'acide subérique qu'on obtient, forme environ la douzième partie du poids

du liége. Il est blanc et pulvérulent. Sa saveur est très-faible. Exposé à une douce chaleur dans une cornue de verre, il se fond à la manière de la graisse. En augmentant le feu, il se sublime et se condense sous forme d'aiguilles. Projeté sur des charbons ardens, il se volatilise en entier, en répandant une odeur de suif très-prononcée.

Les subérates de soude, de potasse et d'ammoniac, sont très-solubles; ceux de baryte, de chaux, de magnésie et d'alumine, le sont peu.

16. *Acide innommé.* M. Braconnot l'a découvert dans les substances végétales acescentes, et il pense qu'il se développe simultanément avec l'acide du vinaigre dans toutes les substances organiques qui s'aigrissent immédiatement.

Cet acide auquel M. Braconnot avait donné un nom qui n'a pas été adopté, est incristallisable. Sa saveur est très-acide. Il forme avec les bases salifiables des sels plus ou moins solubles, et plus ou moins cristallisables. Celui qu'il forme avec l'alumine est semblable à de la gomme.

Acides animaux. Les acides que l'on ne peut extraire que des substances *animales* sont au nombre de sept, en tête desquels je placerai l'acide lactique, comme ayant beaucoup de rapports avec l'acide précédent.

1. *Acide lactique.* On le retire du petit-lait aigri; mais il existe aussi, soit libre, soit combiné, dans tous les fluides animaux et dans la chair musculaire. Il ne cristallise point. Sa saveur n'est point forte, et cependant il rougit le tournesol d'une manière très-sensible. Il est soluble par l'eau et par l'alcohol. Il forme avec la potasse, la soude et quelques autres bases, des sels déliquescens.

quantité d'acide muriatique oxigéné (chlore), celui-ci se convertit en acide muriatique (acide hydrochlorique); et l'acide prussique devient plus volatil, plus odorant, et susceptible, en s'unissant aux alkalis, de précipiter en vert les dissolutions de fer à l'état de tritoxide.

Le bleu de Prusse passe à l'état de prussiate oxigéné, lorsqu'on le laisse pendant long-tems exposé au contact de l'air. La preuve ne s'en offre que trop souvent à nos yeux dans les tableaux des peintres qui ont osé employer le bleu de Prusse pour faire des ciels.

---

moniac; 3.° l'acide prussique dissous dans l'eau et traité par une médiocre quantité de chlore, devient plus volatil et plus odorant, parce que le chlore, en lui enlevant une partie de son hydrogène pour se convertir en acide hydrochlorique diminue sa viscosité; 4.° si le chlore est en excès, l'acide prussique est décomposé, parce que le chlore lui enlève la totalité de son hydrogène; 5.° il se forme une matière oléagineuse, parce qu'une portion de l'eau est décomposée par le chlore, et que cette eau décomposée fournit à l'hydrogène et au carbone la quantité d'oxigène nécessaire à la formation de l'huile; 6.° cette matière oléagineuse est plus pesante que l'eau, parce que l'acide hydrochlorique, qui est plus pesant que l'eau, a la propriété de s'unir aux huiles et de former avec elles un composé onctueux; 7.° enfin, le bleu de Prusse, exposé long-temps à l'air, prend une teinte verdâtre, parce qu'alors l'oxigène de l'air enlève à l'acide prussique son excès d'hydrogène.

Si la nomenclature que j'ai proposée (tome IV p. 412) était adoptée, on donnerait à l'*acide prussique oxigéné* le nom d'*hydracide prussique*, et à l'*acide prussique* le nom d'*hydracide prussique hydrogéné*.

ordinaire, et il l'est beaucoup plus dans les liquides bouillans. Il forme avec tous les alkalis des sels solubles que la plupart des acides décomposent.

5. *Acide sébacique.* C'est un produit de la distillation des graisses. Il est sans odeur. Sa saveur est faible ; mais il rougit d'une manière très-sensible la teinture de tournesol. Il cristallise en très-petites aiguilles blanches qui n'ont que très-peu de consistance. Soumis à l'action du feu, il fond comme une espèce de graisse, se décompose et se vaporise en partie. Il est soluble dans l'eau et surtout dans l'eau bouillante, qui, lorsqu'elle en est saturée, se prend en masse par le refroidissement. Il est également soluble dans l'alcohol. La plus remarquable de ses propriétés, c'est de précipiter les dissolutions d'acétate et de nitrate de plomb, d'acétate et de nitrate de mercure, et celle de nitrate d'argent.

L'acide sébacique qui n'a point encore été analisé, et qui est connu seulement depuis douze à treize ans, ne doit pas être confondu avec celui qui était autrefois connu sous ce nom. » Ce dernier auquel on attribue une odeur forte et repoussante, n'est que de l'acide acétique, ou de l'acide muriatique, ou de la graisse gazéifiée ou altérée (1) suivant le procédé qu'on emploie pour le préparer. »

6. *Acide prussique.* Jusqu'à présent il n'a point été trouvé dans la nature, et cependant il se forme dans un grand nombre d'opérations chimiques ; car on ne peut

(1) Il serait possible qu'en étudiant cet ancien acide sébacique, on lui trouvât quelque rapport avec l'acide succinique.

décomposer aucune substance végétale ou animale lorsqu'elle est azotée, sans en produire une certaine quantité.

On l'obtient en décomposant le prussiate de mercure cristallisé, par les deux tiers d'acide muriatique liquide et légèrement fumant; et l'on n'obtient le prussiate de mercure, qu'en faisant bouillir ensemble huit parties d'eau, deux parties de *bleu de Prusse* (prussiate ferrugineux mêlé d'alumine) réduit en poudre fine, et une partie de deutoxide de mercure.

L'acide prussique pur, à la température ordinaire, est liquide, transparent, sans couleur. Sa saveur, d'abord fraîche, devient bientôt âcre et irritante. Il est beaucoup plus léger que l'eau, et même un peu plus léger que l'éther (1). Son odeur est si forte, qu'elle produit presque sur-le-champ des maux de tête et des étourdissemens. Elle ne devient supportable que lorsque l'acide est répandu dans une grande quantité d'air. Elle est la même alors que celle des amandes amères.

Sa volatilité est tellement grande, que lorsqu'on en verse quelques gouttes sur du papier, la portion qui se vaporise presqu'instantanément, produit assez de froid pour faire cristalliser l'autre; et M. Thénard observe que c'est le seul liquide qui jouisse de cette propriété. Dans son état de vapeur, il prend feu sur-le-champ dans

---

(1) Sa densité à 7 ° est de 0,70583. Je présume que l'ammoniac se convertit en acide prussique, en se combinant avec le carbone et avec un excès d'hydrogène.

des *arum*, etc. Extraite de la pulpe qui forme le centre de quelques palmiers, et passée à travers d'un tamis pour la réduire en petits grains, elle prend le nom de *sagou*.

L'alcohol, l'éther et l'eau froide sont sans action sur l'amidon; mais il se dissout dans l'eau chaude, et forme alors une gelée connue sous le nom d'*empois*.

Tout le monde sait qu'en lavant à grande eau la pomme-de-terre, la fécule tombe au fond du vase. On ne peut obtenir la fécule de l'orge et du blé qu'après avoir détruit par la fermentation le *gluten* qui s'oppose à son extraction. Quant à la fécule des *arum*, elle a besoin d'être lavée un grand nombre de fois pour perdre la saveur caustique qu'elle doit à un principe âcre et vénéneux.

Depuis long-tems les chimistes savaient transformer presque toutes les substances végétales en acides malique et oxalique, le sucre en alcohol et l'alcohol en vinaigre. Ce n'est que depuis trois ans qu'ils sont parvenus à transformer l'amidon en sucre; transmutation d'autant plus étonnante, que la quantité de sucre excède d'un dixième la quantité de l'amidon qui a servi à l'expérience.

On obtient ce résultat, en faisant bouillir l'amidon pendant trente-six heures, dans quatre fois son poids d'eau, à laquelle on mêle une petite quantité d'acide sulfurique. On renouvelle peu-à-peu l'eau à mesure qu'elle s'évapore. Quand la liqueur a bouilli suffisamment, on y ajoute de la craie et du charbon. On la filtre, on l'évapore, on décante le sirop, et on achève l'évaporation.

L'augmentation de poids est produite, selon M. Th. de Saussure, par la solidification d'une portion de l'eau qui

se trouve alors, avec le carbone de l'amidon, dans une proportion convenable pour former le sucre.

La Gomme est solide, incristallisable, incolore, insipide, sans odeur, soluble dans l'eau, et formant avec elle une gelée qu'on appelle *mucilage*.

On trouve de la gomme dans toutes les parties des plantes herbacées, dans tous les fruits, dans un grand nombre de racines et de tiges ligneuses, et enfin dans toutes les feuilles.

Le Ligneux est solide, d'un blanc sale, insipide, inodore, et plus pesant que l'eau. On le trouve dans toutes les parties des plantes. Il constitue la fibre proprement dite, et entre pour 96 à 98 parties sur cent dans la composition de toutes les espèces de bois.

Les sucres et les autres substances dont nous venons de parler, contiennent l'oxigène et l'hydrogène dans les proportions convenables pour former l'eau (1). Mais dans celles dont nous allons parler, l'hydrogène se trouve en excès.

Parmi les Huiles, il en est qui sont visqueuses et presque insipides; on les appelle *huiles grasses* ou *fixes*. D'autres ont peu de viscosité, sont caustiques et très-volatiles; on les appèle *huiles volatiles* ou *essentielles*.

Quoique les *huiles grasses* soient très-abondantes, on ne les trouve, pour ainsi dire, que dans les semences. La

---

(1) Lorsqu'une substance végétale ne contient point d'azote, et que sa quantité d'oxigène est à sa quantité d'hydrogène dans un rapport plus grand que celui qui forme l'eau, elle est acide, quelle que soit la quantité de carbone qui entre dans sa composition.

plupart des huiles grasses sont solubles dans l'esprit-de-vin. Toutes sont insolubles dans l'eau. Il est peu de bases salifiables qui ne soient combinables avec elles. Ces combinaisons forment des *savons*. On fait aussi des savons avec les graisses unies à la potasse.

Parmi les savons, il n'en est que trois qui soient solubles dans l'eau; savoir, ceux de potasse, de soude et d'ammoniac.

Toutes les huiles grasses sont plus légères que l'eau, et parmi les huiles essentielles, on ne connaît guères que l'huile de sassafras et de girofle qui soient plus pesantes que l'eau.

Lorsque les huiles *fixes* sont long-tems en contact avec l'air, ou lorsqu'on met en contact avec l'oxigène pur les huiles *volatiles*, elles cèdent peu-à-peu à ce gaz une partie de leur hydrogène et de leur carbone, et elles perdent leur fluidité.

Les huiles essentielles ont peu d'affinité avec les bases salifiables. On donne le nom de *savonules* au petit nombre de savons qui résultent de ces combinaisons.

L'alcohol dissout assez facilement les huiles essentielles; l'eau n'en dissout qu'une petite quantité. Les huiles grasses et les huiles essentielles se combinent entr'elles en toutes proportions.

Ce sont les huiles essentielles qui communiquent à certains végétaux l'odeur qu'ils exhalent. Elles existent dans les fleurs, dans les feuilles, dans les tiges, quelquefois dans les racines, mais moins fréquemment dans les graines; et elles sont toujours renfermées dans de petits utricules placés à la surface de ces différens corps.

Les Résines sont des substances solides, cassantes, ino-

dores, insipides ou âcres, un peu plus pesantes que l'eau, demi-transparentes et d'une couleur tirant le plus ordinairement sur le jaune. Soumises à l'action du feu, elles fondent d'abord et se décomposent ensuite en donnant lieu à divers phénomènes, selon qu'on opère en vases clos ou en vases ouverts. Dans le premier cas, elles se transforment en une grande quantité de gaz hydrogène carburé et d'huile empyreumatique, et en une petite quantité de charbon; dans le second cas, elles brûlent avec une flamme jaune, et répandent une grande quantité de fumée noire.

Les résines sont insolubles dans l'eau; la plupart, au contraire, se dissolvent dans l'alcohol, dans l'éther, dans les huiles grasses ou essentielles, et dans la potasse et la soude en liqueur. Elles sont presque toutes contenues dans des arbres ou arbrisseaux. La plupart sont unies à des huiles essentielles qui les ramollissent. On les obtient en les laissant exsuder naturellement, mais le plus souvent en facilitant leur écoulement par des incisions. Elles sont employées à divers usages, et notamment à la composition des vernis.

Lorsqu'on fait des incisions aux tiges, aux branches ou aux racines de certains végétaux, il en découle un suc laiteux formé de résine et d'huile essentielle tenues en suspension dans de l'eau chargée souvent de gomme et de plusieurs matières végétales. On donne à ce suc devenu solide le nom de *gomme-résine*.

Les Baumes, que l'on obtient également par incision, sont composés de résine, d'acide benzoïque, et quelquefois d'huile essentielle.

Le Caoutchouc (gomme élastique) est une substance solide, blanche, inodore, insipide, molle, extrêmement élastique et assez tenace. Elle entre en fusion à une température peu élevée, et prend la consistance de goudron qu'elle conserve même après son refroidissement. En la distillant, on en retire une certaine quantité d'ammoniac ; ce qui prouve que l'azote est un de ses principes constituans. Mise en contact avec la flamme d'une bougie, elle brûle avec rapidité et répand une odeur fétide. Elle ne se dissout que dans les huiles essentielles et dans l'éther sulfurique.

On l'extrait par incision de quatre espèces d'arbres qui ne croissent qu'en Amérique. Les Indiens qui la recueillent font d'abord un moule pyriforme en terre sur lequel ils étendent successivement plusieurs couches de suc, qu'ils font sécher successivement en l'exposant à la fumée. Avant que ces poires aient acquis toute leur consistance, ils y tracent des dessins en creux, et ils finissent par briser le moule dont ils font sortir les fragmens par un trou qu'ils ont ménagé au sommet de la poire.

La Cire est solide, blanche, cassante et presqu'inodore, se dissout dans l'éther chaud, dans les huiles essentielles, dans les huiles grasses. Elle forme des savons avec la potasse et la soude.

Elle est très-répandue dans la nature. Elle entre dans la composition du pollen de toutes les fleurs ; elle recouvre l'enveloppe des prunes et d'autres fruits, et notamment des baies du *myrica cerifera* qui croît dans l'Amérique septentrionale, et d'où l'on retire une cire verte que l'on peut blanchir à l'aide de l'éther.

Les abeilles recueillent la cire : mais elles ont aussi le

pouvoir de la former. Des abeilles nourries de sucre ont fourni beaucoup de cire.

Le CAMPHRE est solide, blanc, demi-transparent, cassant; son odeur est forte, sa saveur âcre. Il se vaporise dans l'air à la température ordinaire. Il est très-inflammable, et brûle sans résidu.

Cette substance qui a beaucoup d'analogie avec les résines, se trouve unie à l'huile essentielle dans plusieurs plantes de la famille des labiées. On la trouve presque pure dans plusieurs espèces de *laurus*, arbre très-commun dans l'Orient. Celle du commerce vient du Japon.

Quelques petits grains de camphre projetés sur l'eau, prennent un mouvement de rotation (1). Une goutte d'huile arrête ce mouvement.

---

(1) Un grain de camphre mis dans un verre d'eau diminue peu-à-peu et disparaît en quelques heures. Si le morceau est un peu gros, il tournera sur un axe vertical et s'accélérera jusqu'à un certain degré. Mais s'il est très-petit, il se dirigera alternativement vers les parois du vase, et ses mouvemens inégaux en vitesse et qui auront lieu dans des directions variées, ressembleront à des mouvemens spontanés.

Le camphre n'étant qu'un peu plus léger que l'eau, et se trouvant dès lors presqu'entièrement immergé, la vapeur qui s'en exhale passe entre lui et l'eau; et lorsqu'elle sort plus abondamment d'un côté que d'un autre, il en résulte ou un recul, ou un mouvement de rotation, suivant que la ligne de l'impulsion résultante de la réaction de l'eau, passe plus ou moins près du centre de gravité. Une goutte d'huile qui s'étend sur la surface de l'eau et qui la rend visqueuse, détruit l'effet de sa réaction. Il suffit même, pour arrêter le mouvement du camphre, de plonger le doigt dans l'eau.

Le *principe narcotique de l'*Opium est solide, blanc, insipide, inodore, plus pesant que l'eau, et cristallisable en prismes droits rhomboïdaux. Il entre en fusion à la manière des graisses. Projeté sur des charbons ardens, il s'enflamme sur-le-champ. Sa décomposition par le feu produit de l'ammoniac.

L'Alcohol (esprit-de-vin rectifié) est un liquide transparent et incolore, dont la pesanteur spécifique à la température de 20 ° est de 0,792. Son odeur est pénétrante et agréable, sa saveur est brûlante. Par un froid de 68 ° degrés il ne se congèle pas. Suivant M. Hutton, il se congèle à 79 °. Exposé au contact de l'air, il se vaporise peu-à-peu, et absorbe l'humidité. Placé dans un vase ouvert, il s'enflamme par l'approche d'un corps en ignition. Sa combustion est assez rapide, et ne donne aucun résidu. Sa flamme est blanche et très-étendue. Il se combine avec l'eau en toute proportion. De toutes les bases salifiables, il n'y a que la potasse, la soude et l'ammoniac qu'il puisse dissoudre.

Il est composé de 100 parties d'hydrogène et de carbone, dans les proportions nécessaires pour former l'hydrogène percarbonné, et de 68,63 d'hydrogène et d'oxigène, dans les proportions nécessaires pour former l'eau.

L'alcohol se retire des liqueurs vineuses par la distillation; mais on peut l'extraire aussi par des moyens chimiques; ce qui prouve que le vin n'est qu'un alcohol étendu d'eau, et mêlé à diverses substances auxquelles il doit son goût et sa couleur.

L'alcohol est employé à un grand nombre d'usages. Il entre notamment dans la composition des poudres qui détonnent par percussion ou compression. Pour obtenir ces

sortes de poudres, on dissout une partie de mercure ou d'argent dans sept ou huit parties d'acide nitrique à 30°, et l'on ajoute onze parties d'alcohol à la dissolution, que l'on fait bouillir pendant deux ou trois minutes. A mesure que la liqueur se refroidit, la poudre se précipite sous forme d'aiguilles légèrement aplaties et d'un blanc gris. La percussion occasionne la sécrétion de ses principes qui n'ont entr'eux qu'une faible adhésion, et elle se convertit subitement en azote, en acide carbonique et en vapeurs aqueuses et métalliques.

L'Éther est un liquide incolore, d'une odeur forte et suave, d'une saveur chaude et piquante, dont la limpidité est parfaite, la fluidité très-grande, et dont la pesanteur spécifique à la température de 20° est de 0,7155.

Il est le résultat de la combinaison de certains acides avec l'alcohol. On ne l'obtient pur qu'à l'aide des acides sulfurique, phosphorique ou arsénique. Ses propriétés sont les mêmes dans les trois cas. L'éther est après l'acide prussique la plus légère et la plus volatile des liqueurs. Placé sous un récipient où l'on fait ensuite le vide, il bout à la température ordinaire. Lorsqu'on entoure d'un linge la boule d'un thermomètre, et qu'après l'avoir plongée dans l'éther, on la fait tourner rapidement, le mercure du tube descend à plusieurs degrés au-dessous de zéro. Le gaz oxigène ou même l'air commun chargé de vapeur d'éther, détonne par l'étincelle électrique ou par le contact d'un corps en ignition. Aucune base salifiable, excepté la potasse et l'ammoniac, ne se combine avec l'éther.

Les principes constituans de l'éther sont représentés par 100 d'hydrogène percarbonné, et par 25 d'eau; d'où

il résulte que l'acide ne convertit l'alcohol en éther, que parce qu'il lui enlève une partie de son eau constituante.

L'Indigo est un corps solide, sans saveur, sans odeur, pourpre, et susceptible de cristalliser en aiguilles.

Il est inaltérable à l'air, insoluble dans l'eau et dans l'éther, et sensiblement soluble dans l'alcohol bouillant. Lorsqu'on met en contact une partie d'indigo en poudre avec 9 à 10 parties d'acide sulfurique concentré, il se dissout dans l'espace de quelques heures, surtout à une température de 30 à 40 °. La dissolution est toujours d'un beau bleu. Les teinturiers ne s'en servent qu'après l'avoir étendu dans 100 ou 150 parties d'eau. Ils élèvent plus ou moins la température de la liqueur, selon qu'ils veulent obtenir une teinte plus ou moins foncée.

On n'a trouvé jusqu'ici l'indigo que dans un petit nombre de plantes appartenant au genre des *indigofera*, *isati* et *nerium*. Pour l'obtenir, on laisse fermenter dans l'eau les feuilles de ces plantes. La liqueur devient verte et légèrement acide. On la décante; on y ajoute de l'eau de chaux, et l'indigo se précipite.

Le Gluten et le Ferment sont deux substances très-azotées.

La partie intérieure des graines céréales est composée de gluten, mêlé intimement avec l'amidon, le sucre, l'albumine et le ferment.

Le *gluten* est une substance d'un blanc grisâtre, molle, collante, insipide, d'une odeur spermatique, très-élastique, susceptible de s'étendre et de prendre la forme d'une membrane.

Le *ferment* (levure ou levain) est une substance qui se sépare sous forme de flocons plus ou moins visqueux,

de tous les fruits qui éprouvent la fermentation spiritueuse. Celui de la bierre est un des plus abondans. Les levuriers le vendent à Paris sous la forme d'une pâte d'un blanc grisâtre, ferme et cassante.

C'est au gluten que la farine doit la propriété de faire pâte avec l'eau; et la pâte n'est elle-même qu'un tissu visqueux et élastique de gluten, dont les cellules sont remplies d'amidon, d'albumine et de sucre. Le ferment, en agissant sur le sucre de la farine, donne lieu successivement aux fermentations spiritueuses et acéteuses. Le gaz acide carbonique tend à se dégager; le gluten s'y oppose. Il cède cependant, s'étend, et forme une multitude de petites cavités qui donnent de la légèreté au pain, et l'empêchent d'être mat.

Les chimistes ont analisé séparément les diverses parties dont se compose l'organisation végétale, telles que les feuilles, les fleurs, les écorces, etc. Il résulte de leurs travaux deux particularités qui prouvent, selon moi, la vérité de ma théorie sur la cause de la végétation.

1.° L'épiderme de tous les graminées contient une quantité notable de silice : 100 parties d'épiderme de tiges de blé contiennent 5 parties de silice; 100 de roseau commun en contiennent 48; 100 de bambou en contiennent 71,4; et 100 de canne-bonnet en contiennent 90.

D'où provient cette silice? ce n'est ni de l'eau des racines, ni de l'eau qui humecte les feuilles, puisque la silice est insoluble dans l'eau; ce n'est pas non plus de l'air, puisque l'air n'en contient point. Il faut donc nécessairement que la lumière soit le véhicule de la silice. L'analise des aérolithes qui tous contiennent la moitié de

leur poids en silice, prouve que le gaz siliceux existe en grande masse dans la haute région de l'air ; et il est naturel de penser que la lumière, en traversant ce gaz, en entraîne quelques parcelles qui se régénèrent particulièrement dans l'épiderme des graminées, parce que la tige des graminées est plus exposée à l'action de la lumière que celle des autres végétaux. (*voyez tom.* 2, *p.* 173.)

2.° Les chimistes ont reconnu qu'il existait dans la cendre des pommes-de-terre, de la *silice*, du *fer*, de la *magnésie*, du *manganèse* et du *soufre* à l'état de sulfate. Or, les aérolithes qui se forment dans la haute région de l'air, sont composés, en presque totalité, de *silice*, de *fer*, de *soufre*, de *magnésie* et de *manganèse*. Il est donc à présumer que toutes les substances contenues dans les plantes, et qui ne se trouvent ni dans l'eau de sève, ni dans l'eau de pluie, ni dans l'air de la basse région, sont dues à la régénération du même gaz qui produit les aérolithes, et qui entre dans les plantes en même tems que la lumière.

Si la cendre des pommes-de-terre que l'on aurait fait croître dans une terre entièrement purgée de ces divers principes, donnait à l'analise les mêmes résultats ; si l'épiderme des roseaux élevés dans une terre purgée de silice, était également composée de silice pour la moitié, les trois quarts et même les neuf dixièmes de son poids ; si enfin une plante quelconque, élevée dans une terre décarbonisée, et qui ne respirerait que de l'air décarbonisé, contenait autant de carbone, qu'elle en aurait contenu dans les cas ordinaires, il faudrait bien reconnaître enfin que la presque totalité des principes

des végétaux ne peut leur être fournie que par la lumière. (1)

Parmi les substances animales, les principales sont certains acides dont j'ai parlé précédemment, la fibrine, l'albumine, la gélatine, le caséum et les matières grasses.

La Fibrine existe dans le chyle. Elle entre dans la composition du sang, et c'est elle qui forme en grande partie la chair musculaire. Pour l'obtenir, il suffit de battre le sang à sa sortie de la veine avec une poignée de bouleau. Elle s'attache à chaque tige sous forme de longs filamens rougeâtres, qu'on décolore et qu'on purifie par des lavages à l'eau froide.

La fibrine est solide, blanche, insipide, inodore, plus pesante que l'eau, sans action sur le tournesol. Humide, elle jouit d'une espèce d'élasticité; desséchée, elle devient jaunâtre, dure et cassante.

Cent parties de fibrine sont composées de 53,360 de carbone, 19,685 d'oxigène, 7,021 d'hydrogène, et 19,934 d'azote.

L'Albumine est de toutes les substances la plus disséminée dans l'économie animale. C'est elle qui, unie à une quantité d'eau plus ou moins grande et à une très-petite quantité de sels, forme le blanc d'œuf, d'où elle

(1) Schroeder ayant fait germer du froment, du seigle, de l'orge et de l'avoine dans de la fleur de soufre renfermée dans une boîte et à l'abri de la pluie, et ayant arrosé les plantes qui en provinrent, avec de l'eau distillée, trouva qu'elles contenaient plus de terre (oxides et sels métalliques), que leurs graines.

tire son nom, le sérum du sang, la liqueur des hydropiques, des vésicatoires et de la brûlure. Elle existe aussi dans le chyle, et forme la majeure partie de la sinovie; elle est plus pesante que l'eau.

L'albumine pure s'obtient en délayant et agitant le blanc d'œuf dans dix à douze fois son poids d'alcohol. Celui-ci s'empare de l'eau qui tenait en dissolution l'albumine, et cette substance se précipite sous forme de flocons et de filamens blancs que la cohésion rend insolubles et qu'on peut dès lors laver à grande eau.

Soumise à l'action de la chaleur, elle répand une odeur particulière. Lorsqu'elle n'est unie qu'à une petite quantité d'eau, elle se coagule en une masse opaque, dure et blanche. Dans ce cas, à mesure que la température s'élève, les molécules d'eau et d'albumine s'éloignent les unes des autres, l'affinité diminue, et l'albumine se précipite. La potasse et la soude s'opposent à sa coagulation par le feu.

Cent parties d'albumine sont formées de 52,883 de carbone, 23,872 d'oxigène, 7,540 d'hydrogène, et 15,705 d'azote.

Lorsqu'on fait bouillir une liqueur qui contient de l'albumine, elle entraîne, en se coagulant, tous les corps en suspension. C'est par ce moyen qu'on clarifie les sirops. On emploie aussi l'albumine, mais à la température ordinaire, pour clarifier les vins et la bierre. Elle s'unit alors au tannin, et forme avec lui un composé insoluble.

La Gélatine (colle forte) ne fait jamais partie des humeurs des animaux; mais toutes leurs parties molles et solides contiennent la matière propre à la former. Cette matière existe dans la chair musculaire, les peaux, les

cartilages, etc. Les os en renferment environ la moitié de leur poids.

La gélatine est sans saveur, sans odeur et sans couleur. Elle est plus pesante que l'eau; elle se dissout dans l'eau bouillante, et très-peu dans l'eau froide. Lorsqu'on en dissout deux parties et demie dans cent parties d'eau chaude, la liqueur se prend en gelée. Cette gelée, surtout en été, s'aigrit en quelques jours, se liquéfie et ne tarde pas à éprouver tous les phénomènes de la fermentation putride.

La colle forte du commerce est extraite des rognures de peaux, des sabots et des oreilles de bœuf et autres animaux. Avant de l'extraire des os, on en sépare le phosphate de chaux à l'aide de l'acide muriatique. La colle de poisson n'est autre chose que la partie intérieure de la vessie natatoire de différentes espèces de poissons. La meilleure est celle qui provient de certains esturgeons; elle est blanche et demi-transparente.

La gélatine est composée de 47,881 de carbone, de 7,914 d'hydrogène, 27,207 d'oxigène, et 16,998 d'azote.

Elle forme plus des 5 sixièmes de la substance nutritive du bouillon, dont le bon goût est dû à une substance simple ou composée qu'on appèle *extrait*.

Le Caseum est blanc, insipide, inodore et plus pesant que l'eau. Il n'existe que dans le lait. Pour l'en extraire, on le laisse coaguler; on enlève la crême et on lave le caillé à grande eau. L'eau chaude ou froide ne le dissout point; mais il est soluble dans les dissolutions alkalines, et particulièrement dans celles d'ammoniac. Il est composé de 59,781 de carbone, 11,409 d'oxigène, 7,429 d'hydrogène, et 21,381 d'azote.

Il forme la base de toutes les espèces de fromages; mais la fermentation lente le décompose, et l'on ne trouve plus de caséum dans les fromages affinés.

Les MATIÈRES GRASSES dont les chimistes se sont occupés, sont le beurre, la graisse de porc, le suif, le blanc de baleine, le gras des cadavres, la matière grasse des calculs biliaires, l'huile de poisson et l'huile de pied de bœuf. Toutes, à l'exception de la matière grasse des calculs biliaires, sont fusibles à une température moindre que celle de l'eau bouillante. Elles ont beaucoup de rapport avec les huiles végétales; mais elles se saponifient plus difficilement.

Elles sont, en général, blanches ou jaunâtres, presque toujours inodores, d'une saveur douce et fade, plus légères que l'eau, et d'une consistance qui varie, depuis celle du blanc de baleine qui est solide, jusqu'à celle de l'huile de poisson qui est tout-à-fait liquide. Chauffées fortement avec le contact de l'air, elles se décomposent, répandent des fumées blanches et piquantes, prennent une couleur plus ou moins foncée, et s'enflamment. Exposées au contact de l'air, elles rancissent promptement. L'eau n'en dissout aucune; l'alcohol en dissout plusieurs.

Les usages physiologiques des matières grasses, sont de garantir les organes, d'entretenir leur température, de diminuer la susceptibilité nerveuse, et de servir à la nutrition comme on l'observe dans les animaux dormeurs, tels que les loirs, les marmotes, etc.

Toutes les humeurs, toutes les parties molles ou solides des animaux renferment une certaine quantité de *matières salines et terreuses*. On y trouve les sous-phosphates de chaux, de soude, de magnésie, et d'ammoniac; les sous-

carbonates de soude, de potasse, de chaux et de magnésie ; les sulfates et muriates de potasse et de soude ; les benzoates de soude et de potasse ; l'acétate de potasse ; l'oxalate de potasse ; l'oxalate de chaux ; l'urate d'ammoniac ; le lactate de soude, et les oxides de fer, de silice et de manganèse.

Les substances animales et végétales éprouvent souvent des mouvemens spontanés qui donnent naissance à des produits nouveaux. C'est ce qu'on appèle FERMENTATION. On en distingue trois espèces ; savoir : la fermentation *spiritueuse* ou *vineuse*, la fermentation *acétique* ou *acide*, et la fermentation *putride*.

La fermentation *vineuse* ne peut avoir lieu que par le concours du sucre, du ferment, de l'eau et d'une certaine température, dont la plus convenable paraît être de 15 à 30 °. Deux parties et demie de ferment supposé sec, suffisent pour convertir 100 parties de sucre en alcohol et en acide carbonique. Dans cette opération, une portion du ferment est décomposée, et donne lieu à la formation d'une partie et un quart d'une matière blanche qui reste sur le filtre à travers lequel on passe la liqueur.

La fermentation *acétique* consiste dans la transformation spontanée des liqueurs vineuses en liqueurs acides, qui doivent leur acidité dominante à l'acide acétique.

Lorsqu'on expose une liqueur vineuse à l'air à la température de 10 à 30 °, elle cède une portion de son carbone au gaz oxigène de ce fluide, et il en résulte du gaz carbonique et un faible dégagement de calorique. Il se forme dans la liqueur une foule de filamens qui se meuvent en tous sens et finissent par se déposer. La liqueur

redevient transparente et se trouve changée en vinaigre.

L'alcohol *pur*, quoiqu'étendu d'eau, ne devient jamais acide par lui-même; mais il le devient, lorsqu'après l'avoir convenablement affaibli, on le mêle avec du ferment.

Les végétaux et les animaux soustraits à l'influence de la vie, s'altèrent peu-à-peu, laissent échapper des matières d'une odeur désagréable et souvent dangereuses à respirer, perdent leur forme, et finissent par se consumer entièrement. Cette sorte de décomposition dont les minéraux ne sont pas susceptibles, s'appèle *fermentation putride* ou *putréfaction*.

Les plantes dont le tissu est lâche, l'éprouvent plus promptement que celles dont le tissu est serré; et les animaux en sont plus vite atteints que les plantes. Le contact de l'eau est une condition indispensable à la putréfaction. Il faut en outre que la température soit au-dessus de zéro; la plus favorable est de 10 à 25 °. L'air, lorsqu'il est stagnant, contribue à développer la putréfaction, en cédant une portion de son oxigène au carbone et à l'hydrogène du corps qui doit l'éprouver. Mais lorsqu'il est à l'état de courant rapide, il la retarde, parce que, dans ce cas, il enlève l'humidité qui en est le principal agent.

Les substances végétales en putréfaction dégagent du gaz carbonique, du gaz hydrogène carburé et du gaz azoté. Il se forme en outre de l'eau, de l'acide acétique, peut-être de l'huile, et enfin une substance noire, dans laquelle le charbon prédomine. Les substances animales en putréfaction produisent en outre de l'ammoniac.

Lorsque les substances animales ou végétales en putré-

faction sont en contact avec l'air, elles finissent par disparaître entièrement. Mais lorsque la putréfaction a lieu sous l'eau ou à une certaine profondeur dans la terre humide, la fibre musculaire se convertit en une substance onctueuse, à laquelle on a donné le nom de *gras de cadavre*, et qui est considérée comme un savon ammoniacal avec excès de graisse.

Un grand nombre de substances animales ont été traitées par les acides, les alkalis et les sels. Toutes présentent des résultats différens; et les substances de même dénomination diffèrent entr'elles, suivant les animaux qui les élaborent. La chimie n'a encore fait que quelques pas dans cette carrière immense, et la seule découverte dont elle puisse se glorifier, c'est celle de la cause à laquelle est due la CHALEUR ANIMALE. Pour concevoir l'explication de ce phénomène, il faut d'abord connaître le mécanisme de la *circulation*.

Une cause inconnue convertit les alimens en chyle. Le chyle, absorbé par un très-grand nombre de vaisseaux capillaires, est porté dans le canal thorachique qui le verse dans la veine sous-clavière gauche, et quelquefois dans la veine sous-clavière droite. Le mélange du sang veineux et du chyle est versé par la veine cave supérieure dans les cavités droites du cœur. L'artère pulmonaire le distribue alors dans les poumons dont les veines se transmettent aux cavités gauches du cœur. Il passe dans l'artère aorte, et par suite jusqu'aux dernières ramifications artérielles. Il se décompose alors, nourrit tous les organes au milieu desquels il se trouve, dépose dans des glandes appropriées les matières des di-

verses sécrétions, et se convertit en *sang veineux* et en *lymphe* (1). La lymphe transparente, incolore, mais susceptible de se coaguler par la chaleur, est absorbée par les vaisseaux lymphatiques qui la versent dans le canal thorachique; et le sang veineux qui diffère du *sang artériel* par une couleur noirâtre, est absorbé par les dernières ramifications des veines qui le versent dans les cavités droites du cœur. La continuation de ce mouvement est ce qu'on appèle *circulation*.

Les poumons contiennent non seulement des vaisseaux sanguins, mais encore des vaisseaux aériens. Ceux-ci, en

---

(1) Il ne faut pas confondre la lymphe avec le *mucus*, liqueur visqueuse qui n'est renfermée dans aucun vaisseau et qui se forme sans cesse à la surface de toutes les membranes muqueuses; c'est lui qui, en se desséchant à la surface de la peau, forme les petites écailles qu'on détache par le frottement. Les durillons, les couches épaisses de la plante des pieds, les ongles et toutes les parties cornées ne contiennent pour ainsi dire que du mucus. Les cheveux, les poils, la laine, les plumes, les écailles des poissons en renferment une très-grande quantité. Les cheveux *noirs* contiennent, avec beaucoup de mucus, une huile blanche, une huile d'un noir verdâtre, du phosphate et du carbonate de chaux, des oxides de manganèse et de fer, de la silice et du soufre. Dans les cheveux *rouges*, une huile rouge remplace l'huile d'un noir verdâtre. Les cheveux *blancs* ne contiennent point d'huile colorée, mais on y trouve un peu de phosphate de magnésie. On retire de la distillation du mucus une assez grande quantité de sous-carbonate d'ammoniac.

nombre infini comme ceux-là, proviennent de la division et de la subdivision des bronches qui, par leur réunion, forment la trachée. Les injections n'ont encore rien appris de positif sur la disposition des uns par rapport aux autres; mais il est naturel de présumer que le sang n'y est séparé de l'air que par des cloisons perméables à l'air et imperméables au sang.

Les chimistes ont observé que l'air, à sa sortie du poumon, au lieu de contenir, comme auparavant, 0,21 d'oxigène, n'en contenait plus que 0,18 ou 0,19; et que dans les animaux à sang chaud, la portion d'oxigène absorbée se combinait entièrement avec le carbone du sang veineux; conséquence qu'ils ont déduite de ce que le gaz expiré contenait autant d'acide carbonique en plus, que d'oxigène en moins.

Or, il est reconnu en chimie comme un principe constant, que dans toutes les combinaisons intimes, il y a dégagement de calorique. Il doit donc s'en dégager dans les poumons par l'effet de la respiration, et dans toutes les parties du corps par l'effet de la nutrition. C'est à ces deux causes que la chaleur animale doit être attribuée; mais la première est incomparablement plus énergique que la seconde, car la chaleur naturelle des mammifères et des oiseaux, qui consomment tous beaucoup d'air, s'élève à environ 40 degrés; tandis que dans les reptiles et les autres classes d'animaux qui en consomment très-peu (1), elle

(1) M. Humbold a calculé que la quantité d'oxigène consumée par une tanche ne formait que la 50000.e partie de celle qui était consumée par l'homme. Cette dernière quan-

n'est presque pas plus élevée que celle du milieu qu'ils habitent.

Si le poumon n'est pas sensiblement plus chaud que les autres organes, c'est d'abord parce qu'il est refroidi non seulement par le renouvellement continuel de l'air, mais encore par une évaporation évaluée à 6 ou 700 grammes d'eau par jour; et en second lieu, parce que la circulation du sang est extrêmement rapide.

Addition au chapitre de la végétation (*tom.* II, *p.* 155.)

M. Th. de Saussure a fait sur la physiologie végétale des expériences du plus grand intérêt, et dont voici le résultat.

Pour que l'embryon qui contient la graine, se convertisse en plante, trois choses sont nécessaires : l'eau, l'oxigène et une certaine température dont la plus favorable est de 10 à 30°.

Ce serait en vain que l'on mettrait des graines humides, à la température favorable, dans un vase vide ou dans un vase plein de gaz azote, de gaz hydrogène, de gaz carbonique, ou de tout autre gaz qui ne contiendrait pas de l'oxigène à l'état de mélange, ces graines ne leveraient

---

tité est de 750 décimètres cubes par jour, et le calorique dégagé par l'effet de la conversion de 750 décimètres cubes d'oxigène en gaz acide carbonique suffirait pour fondre 38 kilogrammes, 18 de glace à zéro.

pas ; et elles ne leveraient pas non plus dans de l'eau qu'on aurait privée d'air.

Le sol n'agit sur la graine que par la chaleur, l'eau et l'air qu'il contient, et les graines germent aussi rapidement dans une éponge humide que dans la terre. Les rayons du soleil nuisent à la germination, parce qu'ils échauffent trop la graine ; mais ils cessent d'y nuire lorsque leur calorique a été absorbé par un verre.

M. Thénard pense que l'oxigène, en enlevant à l'albumine de la graine une partie de son carbone, convertit cette substance en matière sucrée et nutritive que l'eau liquéfie et qu'elle transporte par les vaisseaux des cotilédons dans ceux de la radicule, et par ceux de la radicule dans ceux de la plantule.

Le contact du gaz oxigène avec les racines, a une influence salutaire sur la végétation. Les parties vertes des plantes absorbent, pendant la nuit, une certaine quantité de ce même gaz, dont elles convertissent une partie en gaz carbonique. Pendant le jour, elles remettent l'oxigène en liberté (1). L'azote n'est jamais ni inspiré ni expiré ; cependant plusieurs plantes, et notamment celles dont les parties vertes sont le plus abondantes, peuvent végéter dans ce gaz, lorsqu'elles sont exposées aux rayons du soleil. (2)

---

(1) La régénération de l'oxigène fixé pendant la nuit dans l'intérieur de la plante serait peut-être suffisante pour expliquer la force d'expansion dont jouit la sève au moment où la plante est éclairée par le soleil. (*Voyez tom. II, page* 167.)

(2) J'avais supposé, sur la foi de quelques expériences

Parmi les expériences de M. de Saussure, il en est qui me paraissent propres à confirmer ma théorie sur la cause qui fournit aux plantes les matériaux dont elles sont composées.

1.° Quatre graines de fèves ont été placées entre des cailloux de silex et arrosées avec de l'eau distillée. Au bout de trois mois de végétation en rase campagne, les plantes qui en provinrent donnèrent 2,703 grammes de charbon, tandis que quatre graines de fèves du même poids que les précédentes, n'en produisirent que 1,209. M. de Saussure attribue cet excès de charbon à la décomposition du gaz carbonique de l'air. Mais j'ai prouvé (tom. II, pag. 171) que cette très-petite cause n'était nullement proportionnelle à l'effet qui lui est attribué.

2.° Le même savant a fait végéter pendant six jours, sept plantes de pervenche dans une atmosphère artificielle qui contenait, sur 100 parties, 7,5 d'acide carbonique. Cet acide a été entièrement décomposé, et les mêmes plantes dont un poids égal produisait, avant l'expérience, 528 milligrammes de charbon, en produisirent, après l'expérience, 649 milligrammes.

» J'ai fait, dit M. de Saussure, carboniser des pervenches qui avaient végété sous des récipiens dans l'air atmosphérique privé de gaz acide carbonique, et j'ai trouvé que la *proportion* de leur carbone avait plutôt diminué qu'augmenté. »

La proportion entre le carbone et le poids total de

---

antérieures, que l'azote était, de tous les gaz, le plus favorable à la végétation.

la plante après sa dessication, a dû être plus grande dans le premier cas que dans le second ; mais, puisque dans le second il s'est formé dans la plante une certaine quantité de carbone, il me paraît évident que la lumière seule a pu l'y introduire.

3.° Des plantes à tiges herbacées qui végètent dans de l'air atmosphérique privé d'acide carbonique, absorbent pendant la nuit une certaine quantité de gaz oxigène, et en convertissent une partie en gaz carbonique ; gaz qui, selon M. de Saussure, se forme alors de la combinaison de l'oxigène avec les parties de la plante. Mais cette explication est invraisemblable ; car l'oxigène ne pourrait enlever le carbone aux substances végétales, sans les décomposer ; ce qui serait contraire au but de la nature. Mais, si l'on admet que le carbone est introduit dans les plantes par la lumière, il devient très-naturel de penser que la portion de ce carbone qui ne s'est pas encore combinée avec l'oxigène et l'hydrogène pour former des substances végétales, se combine avec l'oxigène seul, et forme avec lui, pendant la nuit, du gaz carbonique que la plante décompose le jour suivant à l'aide de la lumière et de l'humidité.

4.° Enfin, si l'on fait végéter des plantes à l'aide de l'*eau pure* dans de l'air atmosphérique *privé d'acide carbonique* et renfermé dans un récipient, elles n'altéreront leur atmosphère ni en pureté ni en volume, et cependant elles contiendront *plus de matière végétale qu'auparavant* ; ce qui, selon M. de Saussure, ne peut être attribué qu'aux principes de l'eau fixés.

Mais cette addition de matière végétale ne contient pas seulement les deux principes de l'eau ; elle contient

en outre du carbone, dont la formation, dans cette expérience, ne peut être attribuée qu'à l'action de la lumière.

Si l'on est forcé de reconnaître enfin que l'élément carboneux s'introduit dans les plantes en même temps que la lumière, il deviendra plus que vraisemblable que la même cause y introduit l'hydrogène, substance avec laquelle la lumière a la plus grande affinité. Mais l'hydrogène qui s'élève de la terre et que la lumière y ramène, n'est jamais pur. Il est toujours ou carboné, ou potassé, ou phosphoré, ou sulfuré; et dans ce dernier état il contient ordinairement en dissolution, suivant M. Thénard, du fer, du magnésium et du manganèse. Or, le même savant m'apprend que, dans les cendres de presque toutes les plantes, on trouve ces trois métaux, et qu'on y trouve aussi des sulfates, des phosphates et de la potasse à l'état de sel; et il reconnaît d'ailleurs que la plupart de ces substances ne sont pas solubles dans l'eau, et que les plantes ne peuvent absorber les corps lorsqu'ils sont à l'état solide.

L'ascension de la sève dans les vaisseaux communs; son expansibilité dont j'ai expliqué la cause et qui donne lieu à l'extension des vaisseaux, à la transpiration des feuilles, et au retour d'une partie de la sève vers les racines; l'inspiration de l'oxigène pendant la nuit et son expiration pendant le jour; la propriété qu'ont les feuilles de décomposer l'acide carbonique, et celle qu'ont les organes intérieurs de s'emparer des matières solubles dans l'eau, ne doivent donc être considérées que comme des moyens secondaires, à l'aide desquels la nature achève le grand ouvrage dont la lumière a fourni les principaux matériaux.

Nouvelle explication de la cause qui détermine l'inégalité de vitesse entre les rayons colorans.

Si deux rayons, l'un rouge et l'autre violet, passent à la même distance d'un corps, l'attraction s'exercera plus fortement sur le violet que sur le rouge. Quelle que soit la densité relative du rouge et du violet, si leur vitesse était la même, l'attraction serait la même. Il est donc certain que le phénomène n'a lieu que parce que le violet se meut plus lentement que le rouge. J'ai expliqué (*tom.* II, *pag.* 86) la raison pour laquelle la différence de vitesse avait lieu; mais cette explication qui d'abord m'avait séduit, ne me paraît aujourd'hui qu'une vaine subtilité, et j'y substitue l'explication suivante.

La lumière se meut à travers un milieu résistant, et son mouvement ne devient uniforme qu'après que les cônes lumineux se sont divisés en fils dont les molécules sont contigues. (*tom.* II, *pag.* 128.)

Mais, lorsque la lumière s'approche d'un corps qui l'attire obliquement, elle est à-la-fois accélérée et déviée, et les molécules qui ont subi l'attraction oblique cessant d'appartenir au fil lumineux, ne sont plus que des projectiles isolés lancés à travers un milieu résistant. Chacun de ces projectiles perd autant de mouvement qu'il en communique, et les molécules les moins denses ayant un plus grand volume relatif, sont celles qui doivent éprouver une plus grande déperdition de mouvement; d'où il résulte que, puisque le violet se meut avec

moins de vitesse que le rouge, c'est que sa masse est moindre.

L'échelle de densité des couleurs, que j'avais établie d'après ma première explication, doit donc être renversée; mais l'explication des phénomènes lumineux n'en devient que plus facile; car la forte sensation que produit le rouge ne sera plus seulement le résultat de sa plus grande vitesse, mais le résultat combiné de sa plus grande vitesse et de sa plus grande masse; tandis qu'au contraire la faiblesse de la sensation produite par le violet se trouvera être à-la-fois le résultat et de sa moindre masse et de sa moindre vitesse.

Il paraîtrait devoir résulter de ce raisonnement que les rayons calorifiques qui, dans le spectre prismatique, se trouvent moins déviés que le rouge, sont plus denses que le rouge, et que les rayons chimiques qui se trouvent plus déviés que le violet, sont les moins denses de tous les rayons.

Ces deux conséquences auxquelles la raison répugne, et qu'il faudrait cependant admettre dans le cas où l'on considérerait les rayons chimiques et calorifiques comme formant avec la lumière un fluide homogène, me confirment dans l'opinion que j'ai manifestée (*tom.* II, *pag.* 126), que les rayons de la lumière étaient les seuls qui fussent lancés par le soleil, et que les phénomènes chimiques et calorifiques étaient dus à la présence de la partie du fluide élémentaire que la lumière entraîne avec elle.

Au moment où le fluide élémentaire qui, à quelques lieues de la surface de la terre, est composé d'un mélange du gaz hydrogène avec le gaz carboneux et un grand nombre de gaz métalliques, se trouve, par l'effet

de la réfraction, détaché des rayons qui l'avaient entraîné, il se meut avec une vitesse initiale égale à celle de la lumière ; mais sa fluidité étant moindre que celle de la lumière, il doit éprouver, en traversant les corps diaphanes, une plus grande résistance, et par suite une plus grande retardation. Il n'est donc pas étonnant qu'il soit plus dévié que la lumière.

Mais ce même fluide élémentaire étant d'autant plus pressé, qu'il s'approche davantage de la surface de la terre, laisse échapper, à l'instant de sa séparation d'avec la lumière, une portion du calorique qui le tenait en dissolution dans la haute région de l'air, et ce calorique dégagé, dont la vitesse initiale est la même que celle de la lumière, mais qui perd moins de mouvement que la lumière, parce qu'il est plus fluide, s'accumule du côté du rouge et en déborde la ligne.

Cette nouvelle explication ne change rien au fond du système ; car l'ordre des densités entre les trois fluides reste le même, et il en résulte seulement que c'est le *violet* et non le *rouge* qui forme la transition entre le calorique et la lumière.

NOTES.

Sur l'Arc-en-ciel. (*Voyez tom.* 4, *pag.* 84.) Les auteurs modernes n'ont point parlé des couleurs secondaires qui se manifestent au-dessous de l'arc-en-ciel, surtout lorsque le fond du ciel est sombre. Ce phénomène a été décrit par Mariotte, qui ne distinguait dans le spectre prismatique, que cinq couleurs, savoir : le rouge, le jaune, le vert, le bleu et le violet.

Il remarque d'abord, en général, que le violet de l'arc-en-ciel n'est pas semblable à celui du prisme, mais qu'il est d'un *rouge de pourpre*; « ce qui, dit-il, est assez difficile à expliquer. »

L'arc-en-ciel qu'il observa particulièrement avait trois rangs de couleurs. Le premier rang était rouge, jaune, vert et bleu; le second était *pourpre*, jaune, vert et bleu, et le troisième, semblable au second, avait les couleurs plus faibles.

Explication. Il existe, dans ce cas, trois arcs-en-ciel différens, produits par des gouttes appartenantes à trois plans verticaux, assez éloignés les uns des autres pour que les couleurs puissent être réfléchies sous l'angle convenable.

Le premier plan est celui qui manifeste l'arc-en-ciel principal, dont les couleurs sont complètes; mais le violet paraît *rouge de pourpre*, parce que le rouge de l'arc-en-ciel du second plan est vu à travers le violet du premier plan, et il en est de même du violet du second plan par rapport au rouge du troisième plan.

Chacune des couleurs de ces trois arcs est vue sous l'angle qui lui est propre; mais les angles qui ont pour sommet les gouttes du *premier plan* sont les seuls qui doivent se mesurer sur les rayons *parallèles*, parce que les gouttes du *second plan* ne reçoivent la lumière efficace qu'après qu'elle a été *déviée* par son passage à travers les gouttes du premier plan, et que les gouttes du *troisième plan* ne la reçoivent qu'après qu'elle a été *déviée une seconde fois* par les gouttes du second plan; ce qui est cause que les couleurs du troisième plan sont les plus faibles de toutes.

La lumière transmise par une des gouttes du premier plan, après avoir convergé au foyer de cette goutte, continue sa route et forme un cône dont la divergence a pour mesure le pouvoir réfringent de l'eau. L'un des rayons de ce cône doit nécessairement se diriger vers la prolongation de l'axe commun; et ce rayon qui est le seul efficace ne peut éclairer dans sa route qu'une seule goutte qui soit propre à réfléchir une couleur déterminée dans l'œil de l'observateur. Mais cette seconde goutte qui transmet aussi la lumière, produit un second rayon efficace qui forme avec le premier un angle semblable à celui que le premier avait formé avec la lumière directe et qui doit aussi rencontrer dans sa route une troisième goutte propre à réfléchir une couleur efficace. L'ordre des couleurs est le même dans les trois arcs, parce que chaque goutte colorante y reçoit la lumière blanche sur son hémisphère *supérieur*; et toutes les couleurs de même nature y forment toujours le même angle avec la lumière blanche incidente.

Langwith a observé un arc secondaire dans lequel il y avait *tant de vert, qu'on ne pouvait distinguer ni le jaune ni le bleu*, et j'ai fait la même observation.

J'attribue cette anomalie à la diffraction que subit la lumière en effleurant le bord des gouttes du premier plan

lorsqu'elles sont très-petites ou lorsqu'il y en a beaucoup de petites mêlées parmi les grosses ; car, comme les couleurs de la diffraction sont croisées (*tom.* IV, *pag.* 47) et que leur ordre naturel est renversé, le rouge du spectre de diffraction, en tombant sur le pourpre de l'arc secondaire, augmente sa *teinte rougeâtre* ; le jaune en tombant sur le bleu produit du vert, le bleu en tombant sur le jaune en produit également, et le vert qui tombe sur le vert en renforce la teinte.

On a remarqué qu'auprès de l'horizon et jusqu'à deux ou trois degrés de hauteur, les couleurs secondaires ne se manifestent point.

Explication. La lumière ne produit les couleurs secondaires qu'après avoir été réfractée par une première goutte et avoir convergé au foyer de cette goutte. Elle n'a pu vaincre ces deux obstacles qu'en perdant une partie de sa vitesse ; et la réfraction relative qu'elle éprouve en traversant l'air près de l'horizon, se trouve alors assez forte pour la faire tomber sur la surface de la terre.

Les couleurs secondaires peuvent aussi se manifester au-dessus de l'arc-en-ciel ; mais, dans ce cas, leur ordre est renversé, parce que la lumière déviée est alors projetée sur l'hémisphère *inférieur* des gouttes. Langwith a observé au-dessus du rouge de l'arc-en-ciel ordinaire *un arc bleu d'un jaune clair en haut et d'un vert foncé en bas.* Le *bleu* et le *vert* étaient réfléchis par des gouttes du second plan, et le *jaune clair* par des gouttes du troisième plan. Mais l'angle sous lequel ces trois couleurs étaient vues était le même que celui sous lequel elles sont vues dans l'arc-en-ciel extérieur ordinaire, avec cette seule différence que, dans ce dernier cas, l'angle se mesure sur un rayon direct, au lieu que, dans le premier, il se mesure sur des rayons déviés.

Sur Uranus (*tom.* 2). Uranus a six satellites; le premier dont la distance au centre de sa planète est de 25", 5 fait sa révolution sydérale en 5 jours 21 heures 25 minutes; le deuxième dont la distance est de 33"09 fait sa révolution en 8 j. 17 h. 1' 19" 3; le troisième dont la distance est de 38"57 fait sa révolution en 10 j. 23 h. 4'; le quatrième dont la distance est de 43" 23 fait sa révolution en 13 j. 1 h. 5' 1" 5; le cinquième dont la distance est de 88"4 fait sa révolution en 33 j. 1 h. 49'; et le sixième dont la distance est de 176"8 fait sa révolution en 107 j. 16 h. 40'.

La distance du premier satellite est à-peu-près la même que celle de la lune; et comme ce satellite, dont la vitesse est la même que celle du cercle correspondant du tourbillon d'Uranus, se meut cinq fois plus vite que la lune, on en peut conclure d'abord qu'Uranus tourne rapidement sur son axe. Pour déterminer la durée de sa rotation, il suffirait d'évaluer, avec quelque précision, la distance qui doit se trouver entre la surface d'Uranus et un satellite qui accomplirait son mouvement sydéral, en même temps qu'Uranus accomplit son mouvement diurne; or, cette évaluation, qui aurait pour terme de comparaison les distances connues d'un même satellite hypothétique aux surfaces du soleil, de la terre, de Jupiter et de Saturne, pourrait conduire à un résultat voisin de la vérité.

Sur l'Anneau de Saturne. J'ai expliqué (*tom.* 1 *p.* 294.) la cause de la formation de l'anneau de Saturne. L'explication suivante me paraît préférable.

A une certaine époque du refroidissement de Saturne, sa surface dut être couverte d'un brouillard lapidifique d'une hauteur indéfinie. La partie de ce brouillard qui se trouvait située dans le plan de l'équateur ne pouvait s'en écarter; car elle y était maintenue du côté de sa base par cet équateur, élevé de 1500 lieues au-dessus des pôles, et du côté de son sommet par l'attraction des six premiers satellites dont l'orbite s'accomplit dans le plan de l'équateur.

La loi des densités spécifiques dut faire tomber sur la surface de Saturne la portion inférieure du brouillard équatorial ; mais au-delà d'une certaine hauteur, la chute des matières cessa d'avoir lieu, parce que la force centrifuge augmentait comme les distances, tandis que la force centripète diminuait comme le carré des distances. Les molécules qui, par leur éloignement, la célérité de leur rotation, et l'augmentation du pouvoir attractif des satellites, se trouvèrent soustraites au pouvoir attractif du centre de Saturne, durent donc obéir à leur attraction propre, et former, en se concentrant, un anneau vaporeux, que la continuation du refroidissement dut convertir en un anneau solide.

Cet anneau, soumis à la loi générale, s'embrasa; mais comme sa solidification ne s'était opérée que successivement, il se trouva divisé en une multitude de sphéroïdes assez rapprochés les uns des autres pour paraître contigus. Quelques-uns de ces sphéroïdes produisirent par leur explosion des débris qui retombèrent sur l'anneau et y formèrent les protubérances qu'on y remarque. Les vapeurs qu'il éleva se confondirent avec celles de Saturne, et leur précipitation donna lieu à la formation d'un second anneau dont le volume est trente fois moindre que celui du premier, et qui n'en est séparé que par une petite distance, parce que la formation de l'anneau inférieur n'avait produit qu'une faible accélération dans les couches supérieures du tourbillon.

Sur la Conversion des Eaux diluviennes en Eaux salées (*tom.* IV, *pag.* 405.) Le potassium est un métal très-volatilisable; mais le sodium ne se volatilise, d'une manière sensible, qu'à une haute température et par l'effet d'un courant de gaz. (Chimie de M. Thénard, n.os 131 et 445.) A l'époque des premiers déluges, le potassium devait donc être dispersé dans l'atmosphère; le sodium seul, régénéré à la surface de la terre, a dû être dissous par les eaux.

Sur l'Oxigène. J'ai dit, dans mon Introduction, que

les plus denses des molécules simples étaient celles de l'oxigène. Cette proposition n'est vraie que par rapport aux molécules qui forment des gaz permanens. Une partie de celles qui composent les séries les plus denses de l'oxigène, continuent de grossir; mais leur forme alors s'éloigne tellement de la sphéricité, qu'elles deviennent combinables entr'elles à un certain degré de refroidissement; et il en résulte des métaux qui, lorsqu'ils retournent à l'état fluide, doivent former un gaz plus pesant que l'oxigène (*tom.* IV, *pag.* 401.) Lorsque les corps sont à l'état solide ou liquide, leur pesanteur relative n'est pas une indication certaine de le pesanteur relative de leurs molécules intégrantes; mais lorsque la force de cohésion est détruite par la gazéification, le jugement qu'on porte à cet égard n'a plus rien de douteux.

NOUVELLES DECOUVERTES.

1.° L'alcohol se combine avec l'eau en toutes proportions. Lorsqu'il est concentré et qu'on le mêle avec l'eau, le volume du mélange est toujours moindre que la somme des volumes employés. Mais lorsqu'il est faible, non seulement la pénétration n'a pas lieu, mais encore il y a augmentation de volume; fait que M. Thillaye, fils, a prouvé par plusieurs expériences comparatives. Et ce qu'il y a de plus étonnant, c'est que cette raréfaction est accompagnée d'une élévation de température.

Explication. Un alcohol faible est un alcohol saturé d'eau. Si, dans cet état, on le mêle avec une nouvelle quantité d'eau, l'attraction exercée par l'eau sur l'eau, suffit pour rompre une combinaison trop faible et occasionner la précipitation d'une portion de l'eau que l'alcohol avait dissoute. Le volume total, qui dans le premier mélange avait diminué, doit dès lors augmenter dans le second.

Pour expliquer maintenant le dégagement du calorique, il suffit d'observer que l'alcohol dont la capacité calo-

rique est moindre d'un tiers que celle de l'eau, avait acquis, en se combinant avec l'eau, une plus grande capacité calorique. Car puisqu'il avait dû absorber dans le premier mélange une portion du calorique dégagé, la précipitation occasionnée par le second mélange a dû convertir son calorique spécifique en calorique sensible.

2.° Il résulte des expériences de MM. De la Roche et Berard, que la capacité calorique des gaz, comparée à celle de l'eau prise pour l'unité, est, pour l'hydrogène 3,2669; la vapeur aqueuse 0,8470; l'hydrogène percarbonné, 0,4207; le gaz oxide de carbone, 0,2884; le gaz azote, 0,2754; l'air atmosphérique 0,2669; le gaz oxide d'azote, 0,2369; le gaz oxigène, 0,2361, et le gaz acide carbonique, 0,2210. Les mêmes physiciens ont reconnu que la capacité calorique des gaz augmentait avec leur volume.

Explication. La capacité calorique des corps doit, toutes choses égales, être d'autant plus grande que leurs molécules intégrantes exercent une moindre attraction sur le calorique de leurs atmosphéroïdes. La capacité du mercure est trente-deux fois moindre que celle de l'eau.

3.° Au commencement du siècle dernier, il avait été fait dans le port de Brest des observations sur la hauteur relative des marées aux époques des quadratures et des sisigies. Ces observations, long-temps interrompues, ont eu lieu de nouveau depuis 1787. M. Laplace qui en a rendu compte à la classe des sciences en juillet 1815, a reconnu que la puissance attractive à laquelle est dû le phénomène des marées, avait augmenté depuis un siècle. Cette observation vient à l'appui des calculs relatifs à l'accélération du moyen mouvement de la lune (*tom.* I, *p.* 323). Car si la lune se meut plus vite qu'autrefois, ce ne peut être que parce qu'elle s'est rapprochée de la terre; et l'augmentation des marées est une conséquence nécessaire du rapprochement de la lune.

4.° M. Faujas de St.-Fond avait décrit les volcans du Vélay et du Vivarais (*Voyez tome III, pag.* 242.) Ceux de l'Auvergne ont été visités par M. Ramond, et les mémoires que ce savant a lus à l'Institut, en juillet et août 1815, ont completté cette partie intéressante de l'histoire de la terre. Il distingue les volcans en anciens et modernes. Les premiers plus violens, et dont les cratères ont disparu, ont subi un grand nombre d'éruptions, et leurs laves qui se sont répandues à de très-grandes distances sont séparées de leurs sources par les vallées où coulent aujourd'hui l'Allier et ses affluens. Les volcans modernes, au nombre de près de cent cinquante, ont versé leurs laves dans les vallées nouvelles, et leurs cratères, dont la plupart sont très-bien conservés, forment une ligne quelquefois double, qui suit la pente du terrein et s'étend à près de 80 lieues. M. Ramond a observé qu'aucun d'eux n'avait subi plus de deux éruptions.

Explication. Une méditerranée antidiluvienne avait créé les fournaises (tome III p. 265) dont les anciens volcans étaient les soupiraux : le déluge combla leurs cratères, renversa les montagnes peu cohérentes que leurs éjections avaient élevées, et laissa dans les hautes vallées les lacs qui ont creusé les vallées actuelles (tome II, pag. 301). A mesure que l'océan s'éloignait, les feux sous-marins s'ouvraient de nouvelles issues, et des volcans éphémères, en se succédant rapidement, l'accompagnèrent dans sa retraite. Une période de dix à douze siècles s'écoula tout au plus entre la première et la dernière de leurs éruptions ; et à l'époque où la race humaine reflua vers les fertiles plaines de la Limagne, les volcans de l'Auvergne, du Vivarais et du Vélay étaient éteints depuis long-temps.

5.° M. Girard a fait écouler successivement de l'eau froide et de l'eau chaude par un tube capillaire, et il est résulté de ses expériences que l'eau s'écoulait d'autant plus vite qu'elle était plus chaude.

Explication. La viscosité des corps est proportionnelle à la quantité relative de lumière que contiennent leurs atmosphéroïdes. On ne peut ajouter du calorique aux atmosphéroïdes de l'eau, sans diminuer la quantité relative de la lumière qu'elles renferment. L'eau, en devenant plus chaude, doit donc devenir plus fluide.

6.° Quelle que soit la position d'une graine germée, la radicule s'enfonce et la plumule s'élève. Je crois avoir découvert la cause de cette grande loi de la nature.

Explication. L'eau aspirée par la radicule parvient au sommet de la plumule et s'évapore. Ce mouvement perpétuel de l'eau, connu sous le nom de *transpiration des plantes*, détermine le mode primitif de leur accroissement. L'extrémité de la radicule, en s'enfonçant dans l'eau ou dans une terre humide, obéit à-la-fois à la loi de la pesanteur et à celle de la capillarité; et l'extrémité de la plumule, environnée d'un gaz plus léger que l'air, obéit, en s'élevant, à l'impulsion d'un courant ascendant.

ADDITION AUX ERRATA.

(TOME I.er)

Pag.	*Lig.*	
16	28	transmis, *lisez* transmise.
42	8	17° au-dessous, *lisez* 11.° au-dessus.
62	16	autre gaz, *ajoutez* excepté le gaz fluorique.
65	15	douze fois, *lisez* quinze fois.
80	29	doit se trouver, *lisez* il doit se trouver.
81	11	le silex, *lisez* les silex.
85	6	dissoluble, *lisez* soluble
119	13	modifié que, *lisez* que modifié.
Ibid.	16	Ferrien, *lisez* Ferrein.
153	9	au 50.e de son poids, etc., *lisez* au 25.e de son volume.
162	24	l'acide carbonique, *lisez* le gaz carboneux.
163	23	toujours, *lisez* presque toujours.
183	22	quelleconque, *lisez* quelconque.
187	8	dont les formes. *ajoutez* et les masses.
Ibid.	21	dissoluble, *lisez* soluble.
228	12	ne devraient, *lisez* ne devaient.
257	4	qui l'appuient, *lisez* qui s'appuient.
265	7	il l'ovalisera, *lisez* il s'ovalisera.

159	4	du polièdre fluide, *lisez* des polièdres fluides.
228	12	ne devraient, *lisez* n'auraient dû.
281	24	est due, *lisez* est dû.
290	2	20000, *lisez* 12000.
295		*Supprimez la note.*
298	11	jusqu'à la, *lisez* jusqu'à une certaine distance de la.
336	6	trois fois, *lisez* trente fois.
343	7	dans un article, *lisez* dans cet article.
347	9	dans le principe, que, *lisez* que dans le principe.
359	9	l'atmosphère australe, *lisez* l'hémisphère austral.
375	30	peu incliné, *lisez* très-incliné.
387	22	toujours, *lisez* presque toujours.

(TOME II.)

12	5	un douze dix millième, *lisez* douze dix millièmes.
20	11	365412 est à l'unité, *lisez* l'unité est à 365412.
20	13	*Même faute.*
27	27	87, *lisez* 87 jours.
37	9	ont, *lisez* font.
58	19	*flottés*, *lisez* flottes.
101	2	50, *lisez* 10,000.
135	4	le sodium, *ajoutez* le magnésium et le manganèse.
Ibid.	12	du fer, *ajoutez* du magnesium et du manganèse.
Ibid.	21	et qui, *lisez* ou qui.
139	8	leurs molécules forma, *lisez* la forme de leurs molécules.
150	19	un corps, *lisez* les corps.
154	3	nous est connu, *lisez* ne nous est connu.
163	10	un 300.e, *lisez* un 800.e
177	21	un 50.e, *lisez* un 50,000.e
Ibid.	25	348.e, *lisez* 348000.e
178	14	trois livres, *lisez* un gros.
Ibid.	16	les trois-quarts, *lisez* les dix-neuf-vingtièmes.
198	3	dix mille, *lisez* cent mille.
199	7	les nuages, *lisez* ces nuages.
236	8 et 19	60°, *lisez* 75°.
Ibid.	21	40', *lisez* 15'.
241	12	quatre ou cinq, *lisez* quarante ou cinquante.
272	14	étranges, *lisez* étrangères.
273	3	il, *lisez* s'il.
293	29	Mogole, *lisez* Calmouque.
397	24	sept, *lisez* huit.
398	23	la race mogole, *lisez* les races mogole et calmouque.

(TOME III.)

26	21	*supprimez les guillemets.*
27	7	phosphorique, *lisez* phosphoreux.
46	1	rejaillir, *lisez* jaillir.
99	2	constituantes, *lisez* intégrantes.
113	16	l'électricité .... qu'elle, *lisez* l'électromètre.... qu'il.
176	31	*Supprimez le demi-mot* tières
179	7	*supprimez le mot* or.
188	2	perpétuellement, *lisez* souvent.
193	2	électrique, *lisez* magnétique.
234	26	Aequipa, *lisez* Aréquipa.
329	20	les chimistes, *lisez* les anciens chimistes.
Ibid.	23	*même correction.*
356	4	cinq heures, *lisez* six heures.
395	19	*supprimez* de densité et surtout trop.
403	21	*supprimez les mots* la preuve de.
404	15	réfraction, *lisez* attraction.

17	20	changement, *ajoutez* sensible.
21	4	polarissation, *lisez* polarisation.
31	26	l'impression, *lisez* l'impulsion.
Ibid.	27	*Supprimez la note.*
61	16	les couleurs, etc., *supprimez cet article.*
75	24	l'auréole, phénomène, etc., *lisez* la scintillation.
89	3	arc, *ajoutez* renversé, *et supprimez le reste.*
96	24	*supprimez* et des auréoles.
180	29	1804, *lisez* 1704.
184	3	elles, *lisez* ils.
226	12	*supprimez la virgule.*
268	10	*supprimez les mots* croissante ou.
285	25	les animaux, *lisez* ses animaux.
296	6	nouveau corps, *supprimez* nouveau.
301	3	les plus, *lisez* le plus.
302	24	*ajoutez* de magnésium et de manganèse.
401	26	combustible, *lisez* incombustible.

N. B. Supprimez dans les *errata* qui sont à la fin des volumes, les articles 10 et 12 du tome I, les articles 7 et 9 du tome II, le dernier article du tome 3, et les articles 16, 18, 19 et 20 du tome 4.

OBSERVATION IMPORTANTE.

De Lalande, qui a rédigé ou revisé l'article du dictionnaire encyclopédique relatif aux *bandes de Jupiter* (voyez tome I. pag. 333), m'a induit en erreur. Ce n'est pas par leur *clarté*, c'est par leur *obscurité* que ces bandes sont reconnaissables. Je les attribue à des brouillards lapidifiques, dans l'intérieur desquels il se formera des montagnes lorsque la planète sera suffisamment refroidie.

M. Arrago estime que la lumière réfléchie par les deux principales bandes de Jupiter n'équivaut qu'à la moitié de celle qui est réfléchie par son disque ; il les a observées pendant cinq ans et n'a remarqué dans leur forme et dans leur situation aucun changement. Dans le commencement du siècle dernier, leur forme et leur situation étaient très-variables. Leur immobilité actuelle prouve que le brouillard lapidifique s'est condensé et que l'époque de la précipitation n'est pas éloignée. Les montagnes que cette précipitation formera s'embrâseront et les bandes seront alors plus brillantes que le disque.

Fin du Supplément.

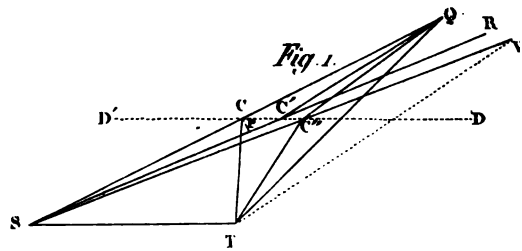

Fig. 1.

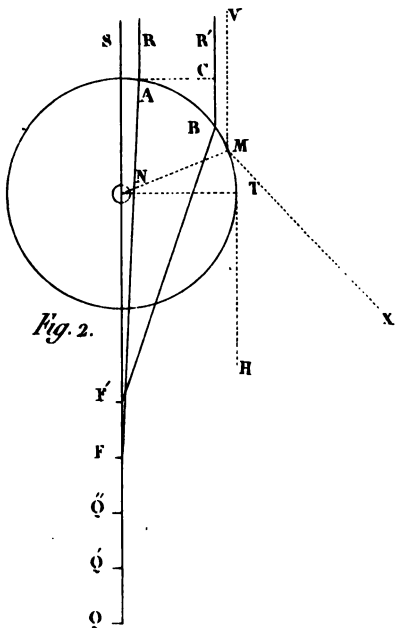

Fig. 2.

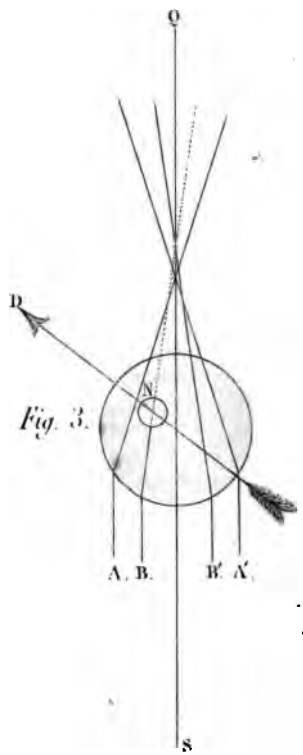

Fig. 3.

Gravé par Moisy Place St Mi

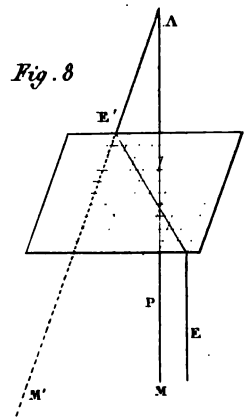

Fig. 8

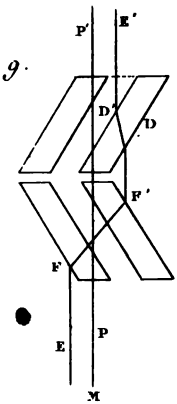

Fig. 9.

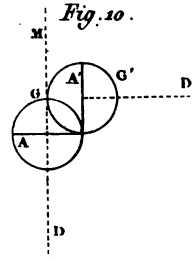

Fig. 10.

Fig. 11.

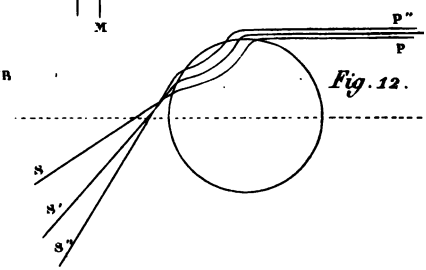

Fig. 12.

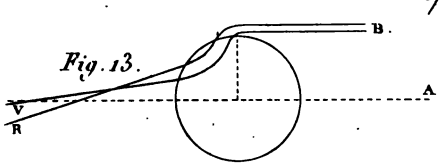

Fig. 13.

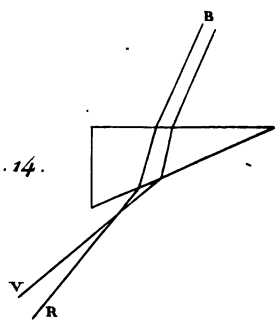

Fig. 14.

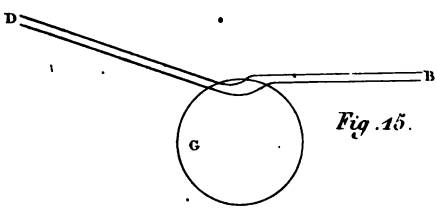

Fig. 15.

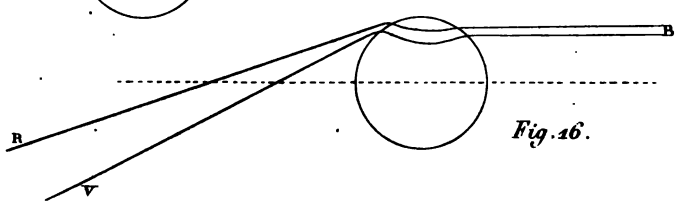

Fig. 16.

Moiry scu

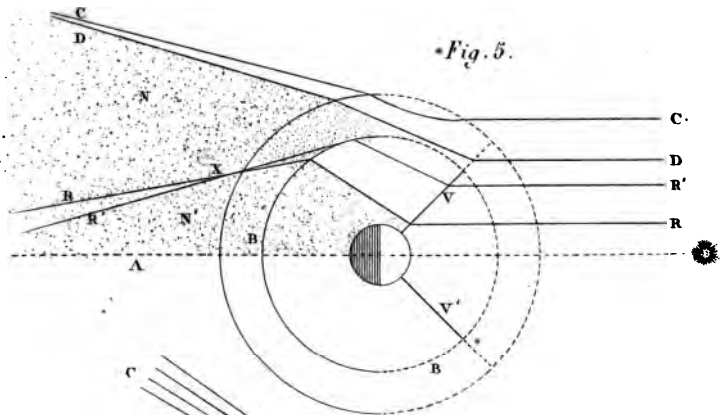

Fig. 5.

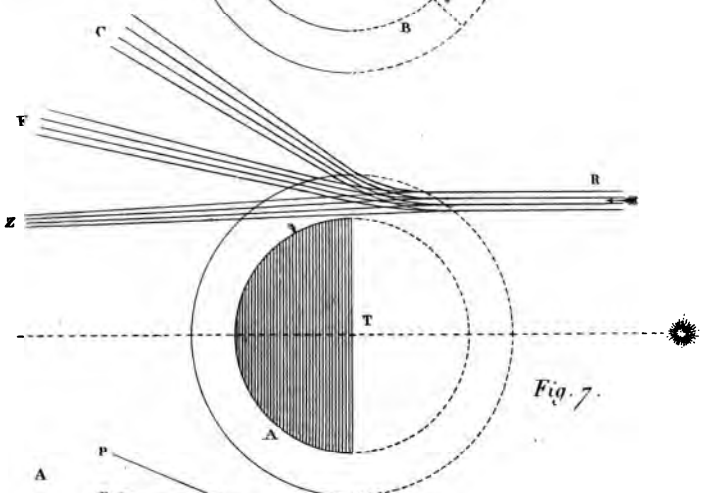

Fig. 7.

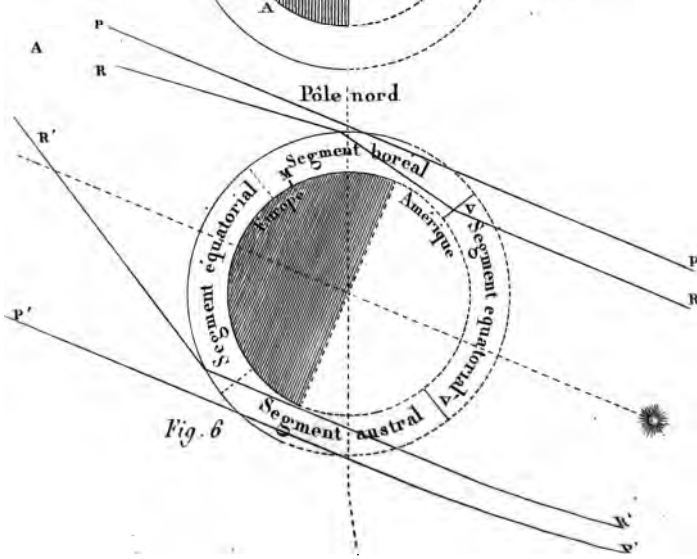

Fig. 6

Moiroy s

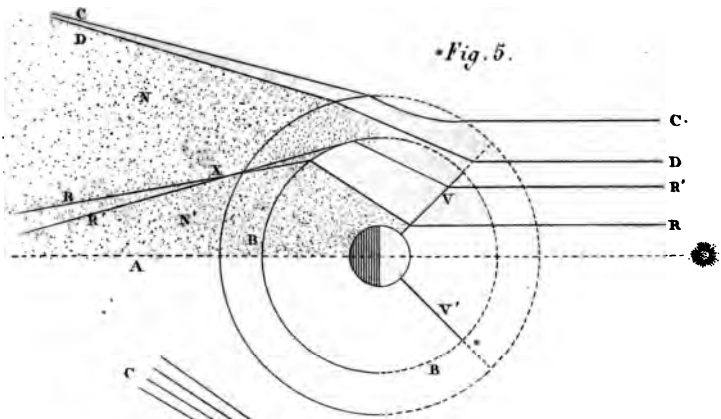

Fig. 5.

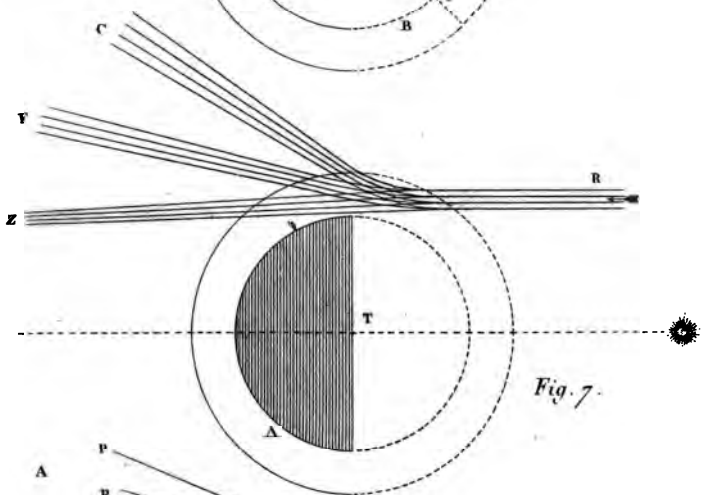

Fig. 7.

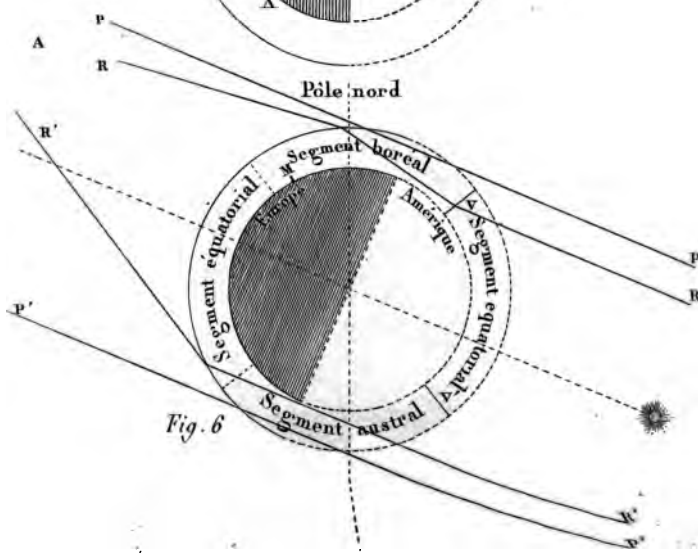

Fig. 6

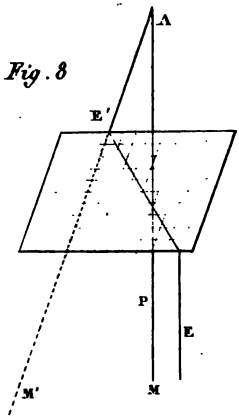

Fig. 8

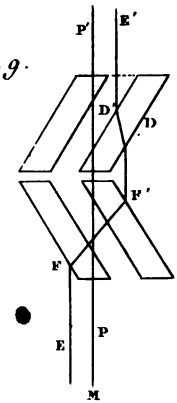

Fig. 9.

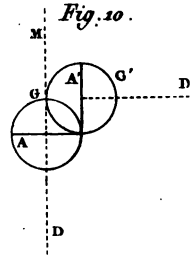

Fig. 10.

Fig. 11.

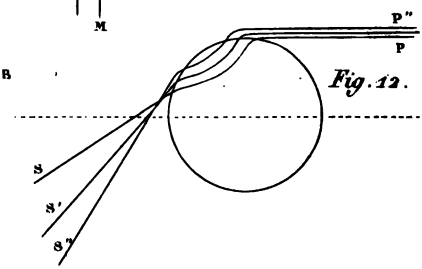

Fig. 12.

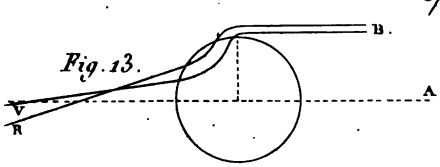

Fig. 13.

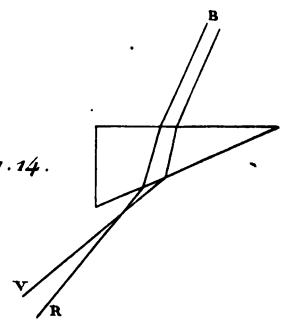

Fig. 14.

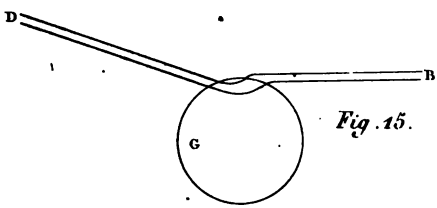

Fig. 15.

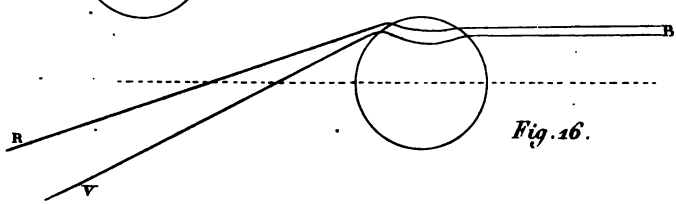

Fig. 16.

Moiry sc.